



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE**

DIEGO MENDES LIMA

**DETECÇÃO, SELEÇÃO DE HABITAT, OCUPAÇÃO E DENSIDADE DE AVES EM
RISCO DE EXTINÇÃO NA MATA ATLÂNTICA DO NORDESTE.**

**AREIA
2024**

DIEGO MENDES LIMA

**DETECÇÃO, SELEÇÃO DE HABITAT, OCUPAÇÃO E DENSIDADE DE AVES EM
RISCO DE EXTINÇÃO NA MATA ATLÂNTICA DO NORDESTE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Helder Farias Pereira de Araújo

Coorientador: Prof. Dr. Mauro Pichorim

**AREIA
2024**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L732d Lima, Diego Mendes.

Detecção, seleção de habitat, ocupação e densidade
de aves em risco de extinção na Mata Atlântica do
Nordeste. / Diego Mendes Lima. - Areia, 2024.
69 f. : il.

Orientação: Helder Farias Pereira de Araújo.

Coorientação: Mauro Pichorim.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Conservação. 2. Estimativa populacional. 3.
Floresta tropical. I. Araújo, Helder Farias Pereira de.
II. Pichorim, Mauro. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 574.1 (043.3)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
CAMPUS II - AREIA



TÍTULO: "DETECÇÃO, SELEÇÃO DE HABITAT, OCUPAÇÃO E DENSIDADE DE AVES EM RISCO DE EXTINÇÃO NA MATA ATLÂNTICA DO NORDESTE".

AUTOR(A): DIEGO MENDES LIMA

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


Dr. Helder Farias Pereira de Araujo
Presidente da comissão examinadora


Dr. Márcio Amorim Efe
Examinador externo


Andrei Roos (Apr 30, 2024 10:54 ADT)
Dr. Andrei Langeloh Roos
Examinador interno

Areia - PB, 29 de abril de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pelo apoio institucional e financeiro. A todos os colegas do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE), na figura de sua Coordenadora, Priscilla Prudente do Amaral, que sempre incentivou e apoiou a realização da pesquisa.

À minha querida esposa, Rosângela de Oliveira Mendes, por seu amor, encorajamento constante, meu apoio inabalável, minha fonte de inspiração, por suas contribuições neste trabalho e compreensão durante esta jornada acadêmica. Também a minha mãe, Magni de Almeida Mendes, e a meu irmão, Adriano Mendes Lima, por todo incentivo.

Ao servidor Murilo Sergio Arantes pela elaboração do mapa e Marcos de Souza Fialho nas discussões sobre o trabalho. Aos voluntários do programa de voluntariado do CEMAVE/ICMBio, Cristiano Marcelo da Silva Nascimento, Mariana Carneiro de Andrade, Mayara Olinto Vicente e Natália dos Santos Falcão Saturnino. Agradecimentos também aos colaboradores de campo, Ranson Modesto Coêlho da Paixão, David Adolph Gessner, Nilton Carlos Lobo Leite de Oliveira, Elivan Souza e Arlindo Gomes Filho. Aos servidores da REBIO Guaribas, que nos proporcionaram toda infraestrutura na reserva: Afonso Henrique Leal, Getúlio Luís de Freitas e Ivaldo Marques da Silva.

Ao amigo, Antônio Emanuel Barreto Alves de Sousa, pela longa parceria em diferentes trabalhos na Ornitologia, pelo apoio mútuo, na idealização, atividades de campo e discussões sobre o trabalho. A Helder Farias Pereira de Araujo, pela orientação e incentivo e ao professor Mauro Pichorim, por dividir um pouco do seu conhecimento sobre probabilidade de ocupação.

A todos vocês, minha profunda gratidão por fazerem parte deste caminho e por contribuírem para a realização deste trabalho.

RESUMO

DETECÇÃO, SELEÇÃO DE HABITAT, OCUPAÇÃO E DENSIDADE DE AVES EM RISCO DE EXTINÇÃO NA MATA ATLÂNTICA DO NORDESTE.

A atividade vocal das aves pode ser ajustada sazonalmente devido à mudança nas condições ambientais e nas interações. É importante identificar e caracterizar padrões para espécies ameaçadas e raras. Esse conhecimento pode ser aplicado para determinar o período ideal para programar contagens de espécies individuais. Identificar a principal janela de detecção das aves permite maximizar os registros para estimar densidade populacionais, entender os mecanismos que impulsionam a seleção de habitat e ocupação. Sendo suporte para compreender quais variáveis do habitat contribuem para a persistência das espécies, como são os seus padrões de comportamento espacial e apoiam medidas de conservação. Nós investigamos, como a variação da precipitação influencia a detecção de espécies de aves, fornecemos as primeiras estimativas populacionais e identificamos quais variáveis do habitat influenciam a ocupação de táxons ameaçados, em fragmentos de floresta na Mata Atlântica do Nordeste, uma das áreas mais ameaçadas de um importante *hotspot* de biodiversidade. Coletamos os dados ao longo de um ano, dois observadores treinados percorreram transectos no interior da Reserva Biológica de Guaribas. O resultado dessa investigação, identificamos a melhor janela de detecção das aves para delinear o período de amostragem para as estimativas populacionais, seleção de habitat e probabilidade de ocupação, no período entre setembro de 2022 a fevereiro de 2023, na Reserva Particular do Patrimônio Nacional Gargaú. Encontramos correlação negativa com a precipitação, onde a detecção reduziu dois meses antes do início do período de chuvas, que ocorre entre fevereiro e junho. Algumas espécies são detectadas durante todo ano, outras são mais detectadas durante o período mais seco e outras no início do período chuvoso. Mesmo com essa variação, a detecção conjunta dessas espécies foi frequente durante o período seco e início do chuvoso. As probabilidades de ocupação das espécies foram influenciadas de forma distinta, algumas sofrem efeitos de elementos da estrutura fitossociológica, como altura e/ou densidade de árvores, outras estão associadas à distância da borda florestal ou proximidade de rios e riachos no interior da mata, e, por fim, encontramos uma relação positiva entre a ocupação de uma das espécies com a umidade no interior da mata. Obtivemos também estimativas que resultaram em densidades populacionais distintas, dos seguintes táxons: *Xiphorhynchus atlanticus* (0,03 ind/ha), *Platyrinchus mystaceus niveigularis* (0,03 ind/ha), *Momotus momota marcgravianus* (0,04 ind/ha), *Automolus lammi* (0,04 ind/ha), *Pyriglena pernambucensis* (0,05 ind/ha), *Xenops minutus alagoanus* (0,09 ind/ha). As estimativas de densidade populacional registradas são consideradas baixas quando comparada com outra espécie comum na área e não ameaçada, *Chiroxiphia pareola* (0,33 ind/ha). Nós sugerimos que medidas de conservação em escala local sejam adotadas como: 1) o plantio de mudas de espécies nativas e de estágio tardio no interior da mancha florestal, 2) a conexão com restauração entre fragmentos priorizando locais com cursos d'água entre eles; 3) criação de políticas e práticas de corredores e mosaicos ecológicos; 4) programas de educação ambiental e engajamentos dos residentes próximos na plantação e manutenção de árvores nativas. Tais medida em conjunto vão mitigar os efeitos da fragmentação florestal, permitindo a movimentação de espécies e a manutenção da diversidade biológica.

Palavras-Chave: conservação; estimativa populacional; floresta tropical.

ABSTRACT

DETECTION, HABITAT SELECTION, OCCUPATION AND DENSITY OF BIRDS AT RISK OF EXTINCTION IN THE ATLANTIC FOREST OF THE NORTHEAST.

Bird vocal activity can be adjusted seasonally due to changes in environmental conditions and interactions. It is important to identify and characterize patterns for threatened and rare species. This knowledge can be applied to determine the optimal period for scheduling individual species counts. Identifying the main bird detection window allows you to maximize records to estimate population density, understand the mechanisms that drive habitat selection and occupancy. This information supports understanding which habitat variations are important for species persistence, spatial behavior patterns and supports conservation measures aimed at improving habitat quality. We investigated how variation in bird species detection varies, providing the first population estimates, and identified which habitat-associated factors can influence the occupancy of threatened taxa, in tropical forest fragments in the Northeast Atlantic Forest, one of the most threatened areas of an important biodiversity hotspot. The data was collected over the course of a year, where two trained observers walked transects within the Guaribas Biological Reserve. As a result of this investigation, we identified the best bird detection window to outline the data collection period for population estimates, habitat selection and probability of occupancy, in the period between September 2022 and February 2023, in the Private National Heritage Reserve Gargaú. The negative finding with the forecast, where the detection hides two months before the start of the rainy season, which occurs between February and June. Some species are blocked throughout the year, others are blocked more during the drier period and others at the beginning of the rainy period. Even with this variation, the joint detection of these species was frequent during the dry period and the beginning of the rainy season. The probability of species occupancy was influenced differently, some effects of elements of the phytosociological structure, such as tree height and tree density, others are associated with areas far from the edge and close to rivers and streams in the interior of the forest, a another had its occupancy opportunity associated with points with shorter trees and, finally, we found a positive relationship between the occupancy of one of the species and humidity inside the forest. We also obtained estimates that will result in different population densities of the following taxa: *Xiphorhynchus atlanticus* (0.03 ind/ha), *Platyrinchus mystaceus niveigularis* (0.03 ind/ha), *Momotus momota marcgravianus* (0.04 ind/ha), *Automolus lammi* (0.04 ind/ha), *Pyriglena pernambucensis* (0.05 ind/ha), *Xenops minutus alagoanus* (0.09 ind/ha). The recorded population density estimates are considered low when compared to another common and non-threatened species in the area, *Chiroxiphia pareola* (0.33 ind/ha). We suggest that conservation measures on a local scale are mandatory, such as: 1) the planning of seedlings of native and late-stage species within the forest patch, 2) the connection with restoration between fragments, prioritizing locations with watercourses between them; 3) creation of policies and practices for ecological corridors and mosaics; 4) environmental education programs and incorporation of bird watching into an official tourism agenda with the participation of local agents. Such measures together will mitigate the effects of forest fragmentation, allowing the movement of species and the maintenance of biological diversity.

Keywords: conservation; population estimate; tropical forest.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	7
2 CAPÍTULO I - SEASONALITY IN THE VOCAL ACTIVITY OF ENDANGERED BIRDS IN THE NORTHERN ATLANTIC FOREST, BRAZIL.....	10
Abstract.....	10
Introduction	10
Material and Methods	12
Results	14
Discussion.....	15
References	17
2.1 FIGURAS	22
3 CAPÍTULO II - SELEÇÃO DE HABITAT, OCUPAÇÃO E DENSIDADE DE AVES EM RISCO DE EXTINÇÃO EM UM DOS MAIS AMEAÇADOS <i>HOTSPOT</i> DE BIODIVERSIDADE.....	26
Resumo	26
Introdução	27
Material e método	29
Área de estudo	29
Amostragem de ocupação e variáveis do habitat	29
Modelagem de probabilidades de ocupação e detecção	31
Estimativa de densidade populacional.....	32
Resultados.....	33
Modelagem de probabilidade de ocupação e detecção.....	33
Estimativas de densidade populacional	34
Discussão	34
Referências	38
3.1 FIGURAS	43
3.2 TABELAS	48
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS	51
APÊNDICE A - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO HABITAT.	55

1 INTRODUÇÃO GERAL

A detecção de aves é crucial para análises da avifauna, priorização de áreas de conservação, identificação de espécies raras, avaliação de riscos de extinção e elaboração de estratégias de conservação (PARKER III, 1991; ANTUNES, 2008; ANDERSON et al., 2015). Essa detecção é influenciada pela sazonalidade da atividade vocal das aves, especialmente afetando o registro de espécies raras (ANDERSON et al., 2015). As aves ajustam sua atividade vocal sazonalmente de acordo com mudanças ambientais e interações, relacionadas à reprodução, territorialidade e condições ambientais (GAHR, 2014).

Em baixas latitudes, existe pouca mudança sazonal na temperatura e na duração do dia (RICKLEFS, 1993; DAWSON et al., 2001; MOORE et al., 2005), entretanto, na maioria das regiões tropicais há marcada sazonalidade na precipitação (PERES, 1994). A variação da precipitação é considerada um fator chave na determinação da produtividade primária geral (RICKLEFS, 1993; AHUMADA, 2001), na fenologia e produção de frutas das plantas (VAN SCHAIK et al., 1993), a abundância e atividade de insetos (VASCONCELLOS et al., 2010; OSBORNE, 2012), e na fenologia reprodutiva de aves (WOLDA, 1980; BLAKE & LOISELLE, 1991; POULIN et al., 1992; ARAUJO et al., 2017). Portanto, essa variação associada à precipitação também pode influenciar as taxas de detecção de aves. Por exemplo, uma maior detecção de aves ocorre entre o fim da estação seca e início da estação chuvosa em florestas tropicais úmidas em Camarões, na África (VOKURKOVÁ et al., 2018).

Em regiões tropicais, poucos estudos tentaram identificar os principais padrões de variação sazonal na detecção de aves (KARR, 1976; CHIVER et al., 2015; BRAWN et al., 2017; VOKURKOVÁ et al., 2018; PÉREZ-GRANADOS & SCHUCHMANN, 2021). Mesmo reconhecendo a importância de se identificar e caracterizar esses padrões para espécies ameaçadas e raras, o conhecimento desses padrões pode ser usado para determinar o período ideal para agendar contagens para espécies individuais (BEST, 1981), permitindo maximizar os registros para melhor estimar densidades populacionais, dados para estudos de seleção de habitat e probabilidade de ocupação. Contagens de espécies são essenciais para aprimorar o conhecimento sobre o real risco de extinção das aves, identificar áreas a serem protegidas, a variação na distribuição e demografia, e gerenciar de forma efetiva ações para conservação das espécies (KAMINO et al., 2012; TONETTI & PIZO, 2016; ICMBio/MMA, 2018).

Estudos sobre seleção de habitat e probabilidade de ocupação oferecem percepções sobre os processos de escolha de recursos pelos animais, revelando padrões de comportamento

espacial (GAILLARD ET AL., 2010; DOS ANJOS ET AL., 2015; DUREN ET AL., 2017; MORANTE-FILHO et al., 2021). É sabido que as espécies não se distribuem uniformemente em ambientes florestais, preferindo habitats que oferecem condições ideais para sobrevivência e reprodução (FRETWELL & LUCAS, 1969; ROSENZWEIG, 1991; JONES, 2001). Nesse sentido, características específicas do habitat, como por exemplo, a área basal das árvores, influenciam a ocupação das espécies de morcegos e aves em fragmentos florestais (BHAKTI et al., 2018; THOMAS et al., 2019). Esses estudos indicam que as aves e outros animais podem se concentrar em habitats específicos dentro de um fragmento florestal, revelando as verdadeiras necessidades das espécies (HANSBAUER et al., 2010). Assim, a compreensão desses padrões de seleção de habitat e ocupação é fundamental para a conservação da biodiversidade em ambientes tropicais.

As florestas tropicais, como a Mata Atlântica, são conhecidas por abrigar uma enorme diversidade de espécies, incluindo muitas que são exclusivas da região e naturalmente pouco comuns (GOERCK, 1997; SILVA & CASTELETTI, 2005; MORANTE-FILHO et al., 2021). No entanto, ao longo dos anos, esses ecossistemas têm sofrido perdas significativas de biodiversidade devido ao aumento das atividades antrópicas (HADDAD et al., 2015; EDWARDS et al., 2019). A maioria das manchas remanescentes de florestas tropicais estão se tornando pequenas, degradadas e isoladas devido aos tipos de uso da terra, o que podem ameaçar a sobrevivência da biota e o desempenho de seus papéis ecológicos nessas paisagens modificadas pelo homem (MELO et al., 2013; FARIA et al., 2023). Vários estudos têm documentado mudanças na estrutura das comunidades e declínios populacionais de espécies nessas áreas, resultando em desequilíbrios ecossistêmicos (KARANTH & CHELLAM, 2009; BENCHIMOL & PERES, 2014; BARLOW et al., 2016; BRINKMANN et al., 2019; PÜTTKER et al., 2020; AZEVEDO et al., 2022).

A destruição e a exploração insustentável da Mata Atlântica têm o potencial de causar uma onda catastrófica de extinções de aves, principalmente na região ao norte do rio São Francisco. Por exemplo, nas últimas décadas três espécies de aves endêmicas nessa região foram extintas, são elas, *Glaucidium mooreorum*, *Philydor novaesi* e *Cichlocolaptes mazarbarnetti* (RODA et al., 2011; PEREIRA et al., 2014; ICMBio/MMA, 2018) e sete encontram-se criticamente ameaçadas (MMA, 2022). Algumas dessas espécies foram extintas antes de serem descritas pela ciência (SILVEIRA et al., 2003; LEES & PIMM, 2015) e muitas outras estão à beira da extinção sem informações básicas sobre sua ecologia e uso de habitat (PEREIRA et al., 2014; ICMBio/MMA, 2018). Os táxons ameaçados da Mata Atlântica

representam cerca de 47% (n=122 táxons) de todas as aves ameaçadas no território brasileiro, incluindo subespécies (ICMBIO, 2023). Desse universo, 15% correspondem a táxons endêmicos à região litorânea a norte do rio São Francisco, nos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Esta região é uma das mais ameaçadas de toda Mata Atlântica, restando apenas 12% de sua área original (RIBEIRO et al., 2009), com modificações antrópicas que influenciam também a estrutura dos poucos remanescentes florestais.

A seleção de habitat pelas aves em áreas florestais é influenciada por uma variedade de fatores, como características do ambiente, estrutura da vegetação e disponibilidade de recursos (MORANTE-FILHO et al., 2021; FARIA et al., 2023;). Esses fatores, juntamente com variações ambientais, podem explicar o uso desigual do habitat por diferentes espécies (CODY, 1981; ROTENBERRY, 1985). Sob a premissa que indivíduos de espécies ameaçadas, cujas populações apresentam baixa densidade, têm maior probabilidade de utilizar os habitats que oferecem melhores condições ambientais na variedade disponível para sua sobrevivência, compreender quais variáveis podem influenciar suas densidades nas manchas florestais contribui para identificar os principais preditores de persistência dessas espécies em paisagens tropicais perturbadas. Essas informações são essenciais para desenvolver medidas de conservação eficazes, incluindo estratégias para melhorar a estrutura da vegetação e manter a qualidade do habitat para essas espécies (BIBBY et al., 2000; JOHNSON, 2007; MORANTE-FILHO et al., 2021).

Aqui, nós investigamos (1) como a variação da precipitação influencia a detecção de aves, incluindo algumas espécies ameaçadas, em um fragmento de floresta tropical na Mata Atlântica do Nordeste; (2) se a detecção das aves é maior no período de transição entre o final da seca e início das chuvas; (3) ou se a detecção dessas espécies ocorre de forma heterogênea ao longo do ano, como repostas diferentes de distintas espécies às variações sazonais locais. Também, avaliamos o padrão de seleção e ocupação de habitat por aves ameaçadas, em um fragmento de floresta tropical na Mata Atlântica do Nordeste. Especificamente, nós avaliamos (4) a hipótese que diferentes variáveis do habitat podem influenciar a probabilidade de ocupação de diferentes táxons, pois o conjunto dessas variáveis agem em combinações diferentes que influenciam a ocupação das espécies. Adicionalmente, estimamos o tamanho populacional de seis táxons ameaçados no fragmento florestal e comparamos com o tamanho populacional de uma espécie comum, a fim de fornecer informações relevantes sobre a capacidade da mancha florestal de manter condições para a viabilidade das populações.

2 CAPÍTULO I - SEASONALITY IN THE VOCAL ACTIVITY OF ENDANGERED BIRDS IN THE NORTHERN ATLANTIC FOREST, BRAZIL.¹

Diego Mendes Lima^{1,2}, Antônio Emanuel Barreto Alves de Sousa¹, Helder Farias Pereira de Araujo^{2,3}

¹ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE), Cabedelo, PB, Brasil.

² Programa Pós-Graduação em Biodiversidade, Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Agrárias-UFPB, Areia, Brasil

³ Departamento de Biociências, Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Agrárias-UFPB, Areia, Brasil.

Correspondence

Diego Mendes Lima, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE), Rodovia BR 230, Km 10, Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, Renascer, PB, 58108-012, Brasil.

Email: diego.lima@icmbio.gov.br / +55 (83) 998095352

Abstract: The vocal activity of birds may shift seasonally in response to changes in environmental conditions and social interactions. Seasonal variation in bird behaviour may influence the findings of avifaunal inventories, by impeding the detection of some species, in particular the rarest most forms. We investigated how variation in rainfall patterns influences the detection of bird species in a fragment of tropical forest in the most threatened region of the Brazilian Atlantic Forest, in its northern extreme. The data were collected over the course of a year, during which, two observers walked transects within a forest fragment. The complete set of study species, detection correlated negatively with rainfall, with a major reduction two months before the onset of the rainy season, between February and June. We did identify distinct patterns variation in the vocal activity. While some species were detected throughout the year, others were detected more frequently during the dry season, or at the onset of the rainy season. A positive correlation was found between rainfall and the vocal activity of *Momotus momota marcgravianus*, *Xiphorhynchus atlanticus*, and *Xenops minutus alagoanus*. Negative correlations were found in relation to the onset of the rainy season in the detection of *Hemitriccus griseipectus naumburgae* and *Chiroxiphia pareola*. The combined detection of these species was more frequent between the peak of the dry season and the onset of the rainy season. We would recommend scheduling future surveys in the study region for this period to maximise the likelihood of detecting the largest number of species.

Key words: behaviour; cross-correlation; detection; Pernambuco Center of Endemism; rainfall; tropical forest.

Introduction

Variation in bird detection can affect the reliability of bird surveys, and influence the definition of priority areas for conservation, the identification of rare species, the assessment of extinction risk, and other conservation strategies (ANDERSON et al., 2015; ANTUNES, 2008; PARKER III, 1991). This variation in detection is associated with seasonal shifts in the vocal activity of birds, and may affect the probability of recording, in particular, rare species (ANDERSON et al., 2015). Birds may often adjust their vocal activity to seasonal changes in

¹ Manuscrito submetido a revista Zoologia, qualis B1, Fator de impacto 1,9.

environmental conditions and associated shifts in patterns of social interaction. Seasonal fluctuations in bird vocal activity are related to reproduction (mating calls) (AMRHEIN et al., 2002), territorial defense, and environmental conditions, including habitat, food availability, the abundance of predators, the photoperiod, temperature, and precipitation levels (GAHR, 2014).

At low latitudes, there is relatively little seasonal variation in temperatures and day length (RICKLEFS, 1993; DAWSON et al., 2001; MOORE et al., 2005), although in most tropical regions, there is marked seasonal variation in rainfall (PERES, 1994). This variation in precipitation in the tropics is considered to be the key factor determining primary productivity (RICKLEFS, 1993; AHUMADA, 2001), plant phenology and fruit production (VAN SCHAIK et al., 1993), insect abundance and activity (VASCONCELLOS et al., 2010; OSBORNE, 2012), and bird reproductive phenology (WOLDA, 1980; BLAKE and LOISELLE, 1991; POULIN et al., 1992; ARAUJO et al., 2017). The rainfall-driven variation in these parameters can influence the vocal behavior of birds, which can also impact their detection. For example, VOKURKOVÁ et al., (2018) recorded higher bird detection rates between the end of the dry season and the onset of the rainy season in humid tropical forests in Cameroon, west Africa.

In tropical regions, few studies have attempted to identify the principal patterns of seasonal variation in bird detection (KARR, 1976; CHIVER et al., 2015; BRAUN et al., 2017; VOKURKOVÁ et al., 2018; PÉREZ-GRANADOS and SCHUCHMANN, 2021). In addition to the importance of understanding these patterns in the case of rare and endangered species, this knowledge can be used to determine the optimal period for scheduling species counts (BEST, 1981). Counts of endangered species are crucial to the diagnosis of the real risk of extinction, as well as the identification of priority conservation areas and the definition of effective population management actions (KAMINO et al., 2012; TONETTI; PIZO, 2016; ICMBIO/MMA, 2018).

Bird species richness in Brazil is among the highest found in any country (PACHECO et al., 2021), and 13% (n=257) of the species are considered to be at some risk of extinction (MMA, 2022). The northern extreme of the Brazilian Atlantic Forest, which is located in northeastern Brazil, is the most fragmented portion of this biome, and is also home to the largest number of endangered bird species in the entire Atlantic Forest (ARAUJO et al., 2023). Extensive deforestation in this region, primarily for sugar cane plantations, has left only 12% of the original forest cover (RIBEIRO et al., 2009). Two birds, Alagoas Foliage-gleaner (*Philydor novaesi*) and Cryptic Treehunter (*Cichlocolaptes mazarbarnetti*), from the Northern Atlantic Forest (NAF) have been added to the global list of extinct species, and others, such as

Alagoas Antwren (*Myrmotherula snowi*), are critically endangered (ARAUJO et al., 2023). The most recent Brazilian list of threatened species (ICMBIO, 2023) has added Pernambuco Pygmy-Owl (*Glaucidium mooreorum*) to the inventory of extinct species. In this context, understanding how environmental factors may influence the detection of threatened species will be crucial for the effective monitoring of birds in the study region.

In the present study, we investigated (i) how fluctuations in rainfall influence the detection of birds, including endangered species, in a tropical forest fragment in the Northern Atlantic Forest, (ii) whether the detection of birds peaks in the transition period between the dry and rainy seasons, and (iii) whether species detection is heterogeneous, given the varying responses of different species to local seasonal variation.

Material and Methods

Study area

We conducted the present study in the Guaribas Biological Reserve (REBIO Guaribas) (6°43'26"S; 35°10'44"W, Figura 1), a fully-protected federal conservation unit. The reserve is located in the municipalities of Mamanguape and Rio Tinto, on the northern coast of the Brazilian state of Paraíba. The REBIO Guaribas covers a total area of 4,028.55 ha, divided into three sectors –SEMA I, with 673.64 ha, SEMA II (3,016.09 ha), and SEMA III (338.82 ha), in accordance with federal decree number 98,884, of January 25th, 1990 (IBAMA, 2003). The bulk of the vegetation in this protected area is lowland seasonal semi-deciduous forest (BRASIL, 1981). The local landscape can be divided into forest, tableland forest, and open areas, and the REBIO Guaribas is surrounded by sugarcane plantations, highways, settlements, indigenous lands, and urban areas (IBAMA, 2003; PEREIRA and BARBOSA, 2004).

The local climate is tropical and humid, with dry summers and rainy winters (IBAMA, 2003; KÖPPEN, 1936). The mean temperature in the protected area is 24–26°C, with an absolute annual maximum of 36°C. Annual rainfall varies between 1,750 and 2,000 mm, with the rains beginning in February and lasting until July, with dry months between August and January (IBAMA, 2003). The study area is located on fluvial and marine plains, and also tablelands, with elevations of between 60 m and 204 m above sea level, with the highest altitudes being found in the SEMA II sector (IBAMA, 2003; MELO and VIEIRA, 2017).

We collected the data in SEMA II (Figure 1), within a semi-deciduous seasonal forest phytophysiology, with a canopy of 15–20 m in height, medium to large trees, with some emergents that may reach 30 m (IBAMA, 2003). The forest canopy is dominated by trees such

as *Ocotea canaliculata* (Rich.) Mez (Lauraceae), *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis (Fabaceae), *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand (Burseraceae), and *Inga blanchetiana* Benth. (Fabaceae) (IBAMA 2003). There are also a number of other tropical hardwood species, including *Manilkara salzmannii* (A.DC.) H.J.Lam (Sapotaceae), *Tabebuia* spp. (Bignoniaceae), *Apuleia leiocarpa* (Volgel) J.F. Macbride (Fabaceae), *Bowdichia virgilioides* Kunth (Fabaceae), *Brosimum guianense* (Aubl.) Huber (Moraceae), *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae), and *Eschweilera ovata* (Cambess.) Mart. ex Miers (Lecythidaceae).

Climatic variable

We obtained daily rainfall data for the study period directly from the administration of the REBIO Guaribas. Precipitation is measured on site, every day, using an analog rain gauge (accuracy of 2.5 mm), which is installed at the headquarters of the reserve. Based on these data, we calculated the monthly rainfall for the study period.

Bird detectability

We assessed the detectability of the local birds through the collection of monthly samples representing each of the 12 months of the year (between January and October 2018, and in November and December 2019). We collected data using a perpendicular distance sampling approach (BUCKLAND et al., 1993; CULLEN and RUDRAN, 2004), based on two 2 km transects within the forest (Figure 1). We walked the transects once a month at a constant speed (1–1.5 km/h) during the period of peak bird activity between 5:30 am and 8:30 am. Each survey was conducted by two trained observers, with a minimum interval of 10 days between monthly visits. The birds were detected either visually, using binoculars, or from their vocalisations.

The surveys focused on 10 bird species, including six considered to be at some risk of extinction, and four non-threatened species, which were used as a control. The threatened species were Rusty-margined Guan (*Penelope supercilialis alagoensis*) (Critically Endangered – CR), *Momotus momota marcgravianus* (Endangered - EN), Ceara Gnateater (*Conopophaga cearae*) (EN), Golden-tailed Parrotlet (*Touit surdus*) (Vulnerable - VU), *Xiphorhynchus atlanticus* (VU) and *Xenops minutus alagoanus* (VU). The control (Least Concern) species were *Chiroxiphia pareola*, Pale-bellied Tyrant-Manakin (*Neopelma pallescens*) and *Hemitriccus griseipectus naumburgae* and Black-cheeked Gnateater (*Conopophaga melanops nigrifrons*) (Near Threatened). However, two of these species (*Penelope supercilialis*

alagoensis and *Touit surdus*) were excluded from the individual analyses due to insufficient numbers of records.

Data analysis

We investigated the possible temporal association between rainfall and bird detection rates using the Cross-Correlation Function (CCF) and lagged regressions (BROCKWELL and DAVIS, 1991; CRYER and CHAN, 2008). The CCF identifies possible patterns in a time series that can be used to explain the variation in the series over time. For example, it can be a useful approach for the identification of the time lag in a variable x that may be a potential predictor of y .

The CCF between two time series (x_t and y_t) is defined as the set of sample correlations between x_{t+h} and y_t for $h = 0, -1, -2, -3$, etc. (ARMENTERAS et al., 2016). Correlations with a negative lag in h indicate a relationship between the first series and the values of the preceding periods in the second series (ARMENTERAS et al., 2016). In this case, when x is a predictor of y and the lag is negative, x leads y . When there is a positive lag in h , the y series leads the x series. The values of the Autocorrelation Function (ACF) indicate the coefficient of autocorrelation of h at each lag. To understand the relationship between the rainfall and detection of the birds, we applied the lag indicated by the CCF plots to a lagged regression, to obtain the P and R^2 values. A significance level of $P=0.05$ was used in all the analyses, which were run in R program, version 4.2.3, using the ACF function available in the basic program package.

Results

Rainfall varied considerably among the months of the study period (Figure 2). The months between August and December had the lowest rainfall, with total monthly precipitation of no more than 37 mm, which is typical of the dry season at REBIO Guariba. February (242 mm) and March (227 mm) were the rainiest months, with monthly precipitation of 137–148 mm being recorded in January, April, May, June and July.

The months with the lowest vocal activity were April ($n=36$) and July ($n=48$). Some species had relatively high vocal activity, in particular, *Chiroxiphia pareola*, which was recorded 45 times in October and 40 times in December. *Momotus m. marcgravianus*, *X. atlanticus* and *X. m. alagoanus* were detected most frequently in January and February, while *H. g. naumburgae* was detected least frequently between April and July, and most frequently

between October and January. *Conopophaga cearae* and *C. m. nigrifrons* were detected at similar rates throughout the year.

Overall (Figure 3), there was a significant correlation (lag (h) = -2, autocorrelation coefficient = -0.559; $R^2 = 0.55$, $P = 0.01$) between the detection and precipitation, two months before the peak in rainfall, with detection decreasing during this period, considering all the species together. When we analysed the correlograms recorded for each species, however, we identified three distinct patterns: (i) *C. m. nigrifrons* and *C. cearae*: no significant correlation between detection and precipitation (Figure 4); (ii) *M. m. marcgravianus* (lags (h) = 0, Autocorrelation Coefficient = 0.582; $R^2 = 0.33$, $P = 0.04$), *X. m. alagoanus* (lags (h) = 1, Autocorrelation Coefficient = 0.600; $R^2 = 0.36$; $P = 0.04$) and *X. atlanticus* (lags (h) = 1, Autocorrelation Coefficient = 0.598; $R^2 = 0.35$; $P = 0.05$): detection correlated positively with rainfall in the same month and one month after the peak in rainfall, with continuous detection in the subsequent months, and (iii) *H. g. naumburgae* (lags (h) = -2, Autocorrelation Coefficient = -0.600 ; $R^2 = 0.50$; $P = 0.02$) and *C. pareola* (lags (h) = -1, Autocorrelation Coefficient = -0.643; $R^2 = 0.54$, $P = 0.01$): was significantly correlated with precipitation, decreasing detection during the rainy season, one to two months prior to the peak in rainfall, with increasing detection in the third and fourth month after this peak. *Neopelma pallescens* showed the same pattern in its detection, but it was not significant. (Figure 4).

Discussion

Overall, the findings of the present study indicate that bird detection are not homogeneous over time, and tend to vary in relation to seasonal fluctuations in rainfall. While the detection of some species is not associated with rainfall, others were detected more frequently during the the first two or three months of the rainy season, or during the dry season, with a significant reduction in their detectability during the rainy season. Overall, then, the largest numbers of individuals were detected during the dry season, and at the onset of the rainy season in the Northern Atlantic Forest (NAF).

While rainfall is not necessarily a predictor of the vocal activity of birds, it acts as a trigger regulating the conditions that reflect the climatic suitability for breeding and the availability of resources can influence the activity of birds (ARAUJO et al., 2017) and vocal detection (BEST, 1981; SENAPATHI et al., 2011; VOKURKOVÁ et al., 2018; PÉREZ-GRANADOS and SCHUCHMANN, 2021). For example, the accumulation of rain in a tropical forest may reduce the availability of invertebrate prey, which become less active during intense

rainfall, and seek protection under the foliage and leaf litter, where they are hidden from the sight of the birds (FOSTE, 1974). Furthermore, birds tend to reduce their displays and vocal activity during rains (ROBBINS, 1981; ZUBEROGOITIA et al., 2019), which may be due to air temperature (GARSON; HUNTER, 1979; STRAIN; MUMME, 1988), cloudy conditions (BAS et al., 2008) or rain noise (RYAN and BRENOWITZ, 1985; LENGAGNE and SLATER, 2002). The phenology data indicate that flowers and fruit are available throughout the year in the NAF (FORTUNATO and QUIRINO, 2016), albeit with greater fruit availability in the months preceding the annual peak in rainfall (FORTUNATO and QUIRINO, 2016). The combination of these processes may account for the higher detection rates recorded during the dry season and the onset of the rainy season in the REBIO Guaribas.

One of the principal factors that influence bird detection is the length of the breeding season (BEST, 1981). Some studies have found that many tropical forest birds sing infrequently during most of the year, but will increase their vocal activity during the breeding period (KOLOFF and MENNILL, 2013; CHIVER et al., 2015; HILL et al., 2015;). While the considerable diversity of birds found in the Brazilian Atlantic Forest is reflected in an enormous variety of breeding strategies, there is a general tendency for breeding to occur between September and February (SICK, 1997), the period in which we recorded the highest detection. It is important to note here, however, that detection patterns vary considerably among species, especially considering that their breeding behaviour may be synchronised with different biological and physiological factors within this time window (STAICER et al., 1996; WILEY, 1996; MORAIS et al., 2012).

We found at least three patterns in the detection of the study species monitored in the REBIO Guaribas, including the threatened forms. The most simple pattern is that recorded for *C. m. nigrifrons* and *C. cearae*, whose detection did not vary noticeably over the course of the study period. This homogeneous detection pattern may be related to the very prominent type vocalisation these two species, which can be heard easily anywhere in the forest (WHITNEY and JUANA, 2020).

A second detection pattern was identified in *M. m. marcgravianus*, *X. m. alagoanus* and *X. atlanticus*. The detection of these species was correlated significantly with rainfall, often coinciding with the onset of the rainy season. In the specific case of *M. m. marcgravianus*, which is both rare in the Atlantic Forest, and tends to vocalise in the crepuscular, pre-dawn period, the chances of detection, even in early-morning surveys, may be minimal during most of the year. In the present study, however, we noted a shift in the vocal activity of the species between January and March, when it tended to vocalise intensely up until 9 am.

The third pattern was recorded in *H. g. naumburgae*, *N. pallescens* and *C. pareola*, which are relatively common in the study area. The detection of these species was correlated negatively and significantly with the onset of the rainy season, one to two months prior to the peak in the rains. This pattern may be associated with the end of the breeding season, which coincides with the peak of the dry season, between September and December (CLOCK, 2004; SNOW, 2020a, 2020b), just prior to the onset of the rainy season. While *H. g. naumburgae*, for example, vocalises frequently throughout the year (SCHULENBERG, 2020), we recorded a peak in its detection rate between September and January. However, as no data are available on the breeding patterns of most of the taxa in the study area, further research will be needed to determine whether the higher detection rates recorded here did, in fact, coincide with breeding patterns.

The findings of the present study indicate that rainfall has a varying influence on the detection of different bird species, in the Northern Atlantic Forest. The vocalisation patterns of the study species varied heterogeneously over the course of the year, with a few being detected relatively constantly throughout the year, while the detection of other species peaked during the dry season or at the onset of the rainy season. This pattern was also found for bird assemblages in humid forests in Africa (VOKURKOVÁ et al., 2018) and for some species in the Pantanal Matogrossenses (Brazil) (PÉREZ-GRANADOS; SCHUCHMANN, 2021) that showed greater vocal activity in the dry season. Overall, then, the patterns observed in the present study indicate that the optimal timing for bird surveys in the Northern Atlantic Forest, in particular endangered species, would be between the peak of the dry season and the onset of the rainy season. We would thus recommend scheduling future surveys for this period to maximise the likelihood of detecting the largest number of species.

References

- AHUMADA, J. A. Comparison of the Reproductive Biology of Two Neotropical Wrens in an Unpredictable Environment in Northeastern Colombia. **The Auk**, v. 118, n. 1, p. 191–210, 1 jan. 2001.
- AMRHEIN, V.; KORNER, P.; NAGUIB, M. Nocturnal and diurnal singing activity in the nightingale: correlations with mating status and breeding cycle. **Animal Behaviour**, v. 64, n. 6, p. 939–944, dez. 2002.
- ANDERSON, A. S. et al. Detectability in audio-visual surveys of tropical rainforest birds: The influence of species, weather and habitat characteristics. **PLoS ONE**, v. 10, n. 6, 25 jun. 2015.

ANTUNES, A. Z. Diurnal and seasonal variability in bird counts in a forest fragment in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 2, p. 228–237, 2008.

ARAUJO, H. F. P. et al. Passerine phenology in the largest tropical dry forest of South America: effects of climate and resource availability. **Emu**, v. 117, n. 1, p. 78–91, 2017.

ARAUJO, H. F. P. et al. Bird Diversity and Conservation of the Northern Atlantic Forest. Em: **Animal Biodiversity and Conservation in Brazil's Northern Atlantic Forest**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 185–200.

ARMENTERAS, D. et al. Interactions between climate, land use and vegetation fire occurrences in El Salvador. **Atmosphere**, v. 7, n. 2, 2016.

BAS, Y. et al. Accounting for weather and time-of-day parameters when analysing count data from monitoring programs. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 14, p. 3403–3416, 23 dez. 2008.

BEST, L. B. **Seasonal changes in detection of individual bird species**. Lawrence: Allen Press, 1981. v. 6.

BLAKE, J. G.; LOISELLE, B. A. Variation in resource abundance affects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. **The Auk**, v. 108, n. 1, p. 114–130, 1991.

BRASIL. **Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: [s.n.]. v. 23
BRAWN, J. D. et al. Impacts of changing rainfall regime on the demography of tropical birds. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 2, p. 133–136, 19 fev. 2017.

BROCKWELL, P. J.; DAVIS, R. A. **Time Series: Theory and Methods**. New York: Springer, 1991.

BUCKLAND, S. T. et al. **Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations**. London: Chapman and Hall, 1993.

CHIVER, I.; STUTCHBURY, B. J. M.; MORTON, E. S. The function of seasonal song in a tropical resident species, the Red-throated Ant-tanager (*Habia fuscicauda*). **Journal of Ornithology**, v. 156, n. 1, p. 55–63, 1 jan. 2015.

CLOCK, B. M. **White-bellied Tody-Tyrant *Hemitriccus griseipectus***. Lynx Edicions ed. Barcelona: Handbook of the birds of the world, 2004. v. 9.

CRYER, J. D.; CHAN, K. S. **Time Series Analysis with Applications in R**. New York: [s.n.]. v. Second Edition.

CULLEN, JR. L.; RUDRAN, R. Transectos lineares na estimativa de densidade de mamíferos e aves de médio e grande porte. Em: CULLEN, JR. L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PAUDA, C. (Eds.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação da Vida Silvestre**. 2ª ed. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 2004. p. 169–179.

DAWSON, A. et al. Photoperiodic Control of Seasonality in Birds. **Journal of Biological Rhythms**, v. 16, n. 4, p. 365–380, 29 ago. 2001.

FORTUNATO, M. E. M.; QUIRINO, Z. G. M. Efeitos da fragmentação na fenologia reprodutiva de espécies arbóreas presentes em borda e interior de Mata Atlântica Paraibana. **Rodriguesia**, v. 67, n. 3, p. 603–614, 1 jul. 2016.

FOSTE, M. S. Rain, feeding behavior, and clutch size in tropical birds. **Auk**, v. 91, p. 722–726, 1974.

GAHR, M. How hormone-sensitive are bird songs and what are the underlying mechanisms? **Acta Acustica united with Acustica**, v. 100, n. 4, p. 705–718, 2014.

GARSON, P. J.; HUNTER, M. L. Effects of temperature and time of year on the singing behaviour of wrens *Troglodytes* and great tits *Parus major*. **Ibis**, v. 121, n. 4, p. 481–487, 28 out. 1979.

HILL, S. D. et al. Seasonal variation in the song structure of tui (*Prothemadera novaeseelandiae*). **New Zealand Journal of Ecology**, v. 39, n. 1, p. 110–115, 2015.

IBAMA, (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS). **Plano de Manejo Reserva Biológica Guaribas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/IBAMA, 2003. v. Fase 2.

ICMBIO. **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE**. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br/>>. Acesso em: 11 set. 2023.

ICMBIO/MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 1. ed. Brasília: [s.n.]. v. I.

KAMINO, L. H. Y. et al. Challenges and perspectives for species distribution modelling in the neotropics. **Biology Letters**, v. 8, n. 3, p. 324–326, 23 jun. 2012.

KARR, J. R. Seasonality, Resource Availability, and Community Diversity in Tropical Bird Communities. **The American Naturalist**, v. 110, n. 976, p. 973–994, 1976.

KOLOFF, J.; MENNILL, D. J. Vocal behaviour of Barred Antshrikes, a Neotropical duetting suboscine bird. **Journal of Ornithology**, v. 154, n. 1, p. 51–61, 23 jan. 2013.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. Berlin: Handbuch der Klimatologie, 1936. v. 1.

LENGAGNE, T.; SLATER, P. J. B. The effects of rain on acoustic communication: tawny owls have good reason for calling less in wet weather. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1505, p. 2121–2125, 22 out. 2002.

MELO, J. I. M. DE; VIEIRA, D. D. Flora da Reserva Biológica Guaribas, PB, Brasil: Boraginaceae. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 407–414, set. 2017.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>>.

MOORE, I. T.; BONIER, F.; WINGFIELD, J. C. Reproductive asynchrony and population divergence between two tropical bird populations. **Behavioral Ecology**, v. 16, n. 4, p. 755–762, 1 jul. 2005.

MORAIS, M. R. P. T. et al. Morfofisiologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário, anatomia e histologia do sistema reprodutor. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 6, n. 3, p. 165–176, 2012.

OSBORNE, P. L. **Tropical Ecosystems and Ecological Concepts**. [s.l.] Cambridge University Press, 2012.

PACHECO, J. F. et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. **Ornithology Research**, v. 29, n. 2, p. 94–105, 1 jun. 2021.

PARKER III, T. A. On the use of tape recorders in avifaunal surveys. **The Auk**, v. 108, n. 2, p. 443–444, 1991.

PEREIRA, M. DO S.; BARBOSA, M. R. DE V. A família Rubiaceae na Reserva Biológica Guaribas, Paraíba, Brasil. Subfamílias Antirheoideae, Cinchonoideae e Ixoroideae. **Acta bot. bras.**, p. 18(2):305-318, 2004.

PERES, C. A. Primate Responses to Phenological Changes in an Amazonian Terra Firme Forest. **Biotropica**, v. 26, n. 1, p. 98, mar. 1994.

PÉREZ-GRANADOS, C.; SCHUCHMANN, K.-L. Seasonal Climate Impacts on Vocal Activity in Two Neotropical Nonpasserines. **Diversity**, v. 13, n. 7, p. 319, 14 jul. 2021.

POULIN, B.; LEFEBVRE, G.; MCNEIL, R. Tropical Avian Phenology in Relation to Abundance and Exploitation of Food Resources. **Ecology**, v. 73, n. 6, p. 2295–2309, dez. 1992.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, jun. 2009.

RICKLEFS, R. E. **The economy of nature: a textbook in basic ecology**. 3. ed. New York: W.H. Freeman, 1993.

ROBBINS, C. S. Effect of time and day on bird activity. **Studies in Avian Biology**, v. 6, p. 275–286, 1981.

RYAN, M. J.; BRENOWITZ, E. A. The Role of Body Size, Phylogeny, and Ambient Noise in the Evolution of Bird Song. **The American Naturalist**, v. 126, n. 1, p. 87–100, jul. 1985.

SCHULENBERG, T. S. White-bellied Tody-Tyrant (*Hemitriccus griseipectus*). Em: SCHULENBERG, T. S. (Ed.). **Birds of the World**. [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2020.

SENAPATHI, D. et al. Climate change and the risks associated with delayed breeding in a tropical wild bird population. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 278, n. 1722, p. 3184–3190, 2011.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SNOW, D. Pale-bellied Tyrant-Manakin (*Neopelma pallescens*). Em: DEL HOYO, J. et al. (Eds.). **Birds of the World**. [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2020a.

SNOW, D. Blue-backed Manakin (*Chiroxiphia pareola*). Em: DEL HOYO, J. et al. (Eds.). **Birds of the World**. [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2020b.

STAICER, C. A.; SPECTOR, D. A.; HORN, A. G. The Dawn Chorus and Other Diel Patterns in Acoustic Signaling. Em: KROODSMA, D. E.; MILLER, E. H. (Eds.). **Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1996. p. 426–453.

STRAIN, J. G.; MUMME, R. L. Effects of Food Supplementation, Song Playback, and Temperature on Vocal Territorial Behavior of Carolina Wrens. **The Auk**, v. 105, n. 1, p. 11–16, 1 jan. 1988.

TONETTI, V. R.; PIZO, M. A. Density and microhabitat preference of the Southern Bristle-Tyrant (*Phylloscartes eximius*): Conservation policy implications. **Condor**, v. 118, n. 4, p. 791–803, 1 nov. 2016.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, n. 1, p. 353–377, nov. 1993.

VASCONCELLOS, A. et al. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 471–476, 2010.

VOKURKOVÁ, J. et al. Seasonality of vocal activity of a bird community in an Afrotropical lowland rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 34, n. 1, p. 53–64, 1 jan. 2018.

WHITNEY, B.; JUANA, E. Black-cheeked Gnateater (*Conopophaga melanops*). Em: DEL HOYO, J. et al. (Eds.). **Birds of the World**. [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2020.

WILEY, R. H. Bird Song, Biological Themes and Variations. **The Condor**, v. 98, n. 3, p. 670–670, ago. 1996.

WOLDA, H. Seasonality of Tropical Insects. **The Journal of Animal Ecology**, v. 49, n. 1, p. 277, fev. 1980.

ZUBEROGOITIA, I. et al. Factors affecting spontaneous vocal activity of Tawny Owls *Strix aluco* and implications for surveying large areas. **Ibis**, v. 161, n. 3, p. 495–503, 7 jul. 2019.

2.1 FIGURAS

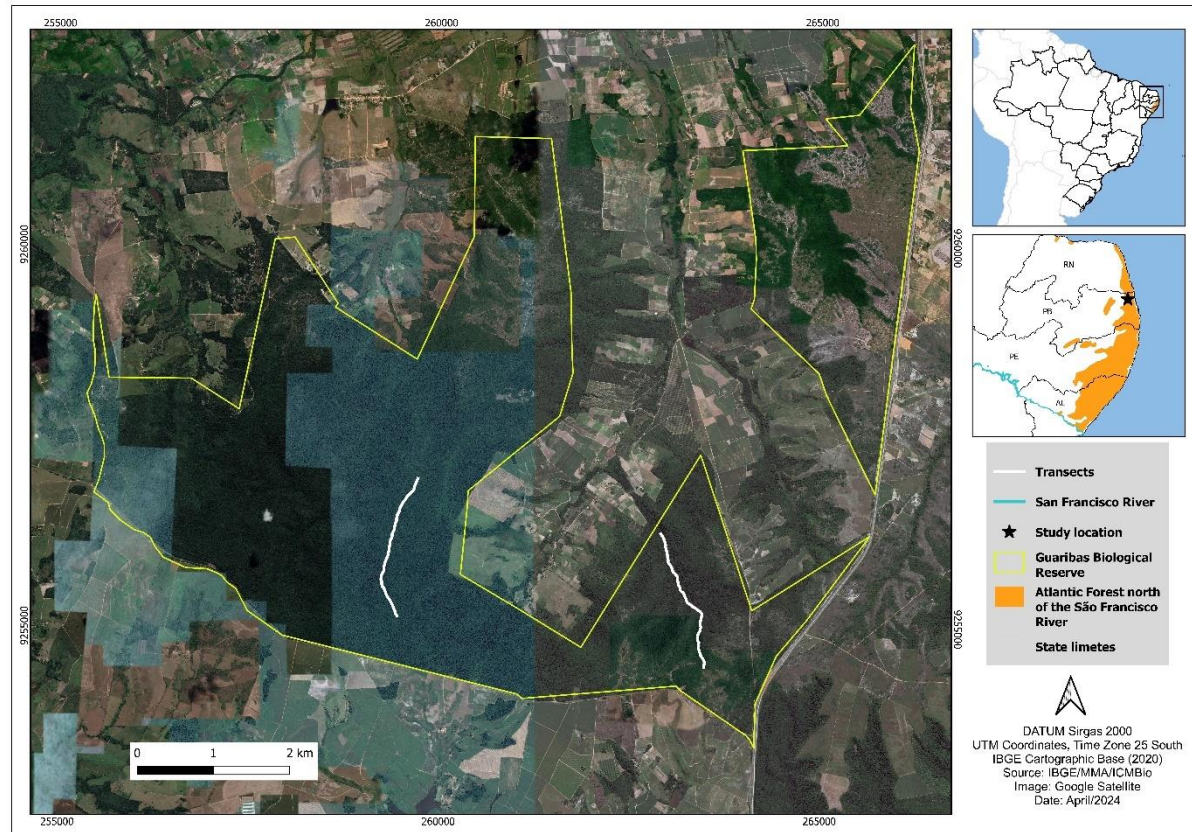


Figure 1. Transects surveyed in the present study at REBIO Guaribas, Paraíba, Brazil, between 2018 and 2019.

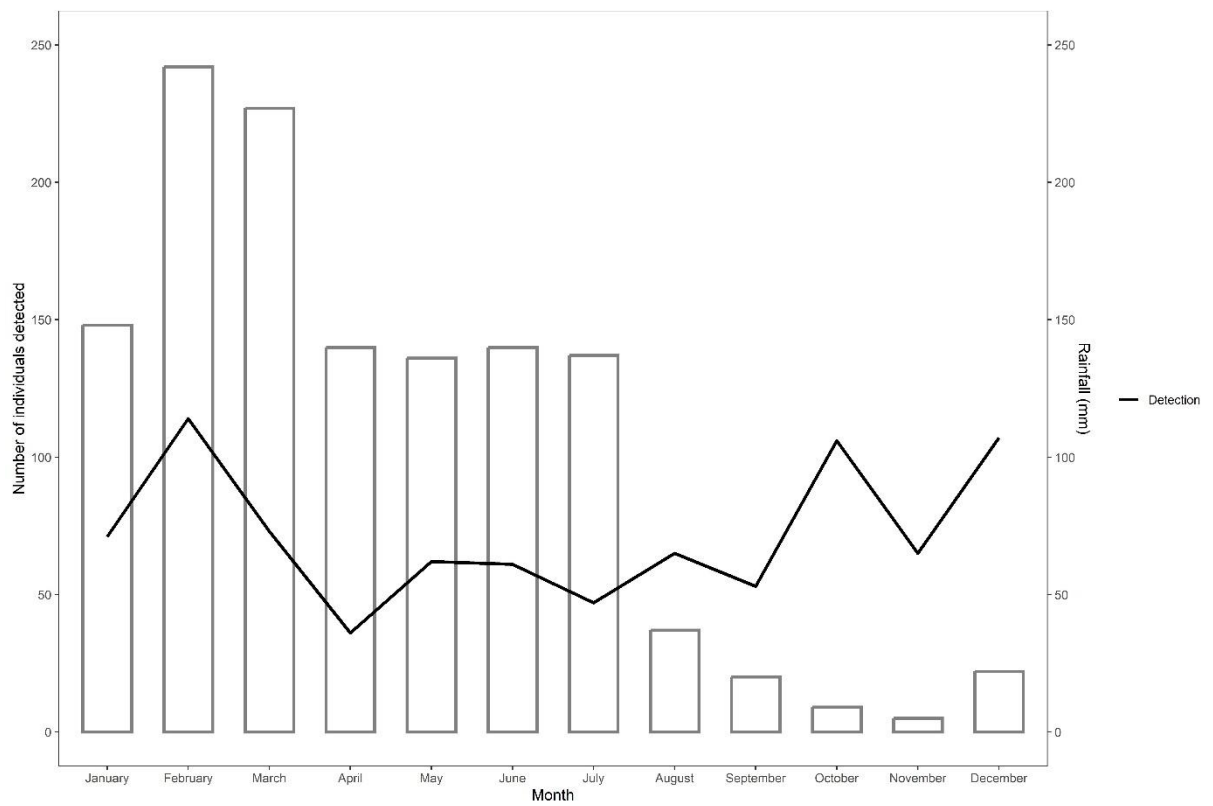


Figure 2. Monthly variation in rainfall (columns) and the detection (line) of the 10 study species monitored in the REBIO Guaribas, between 2018 and 2019.

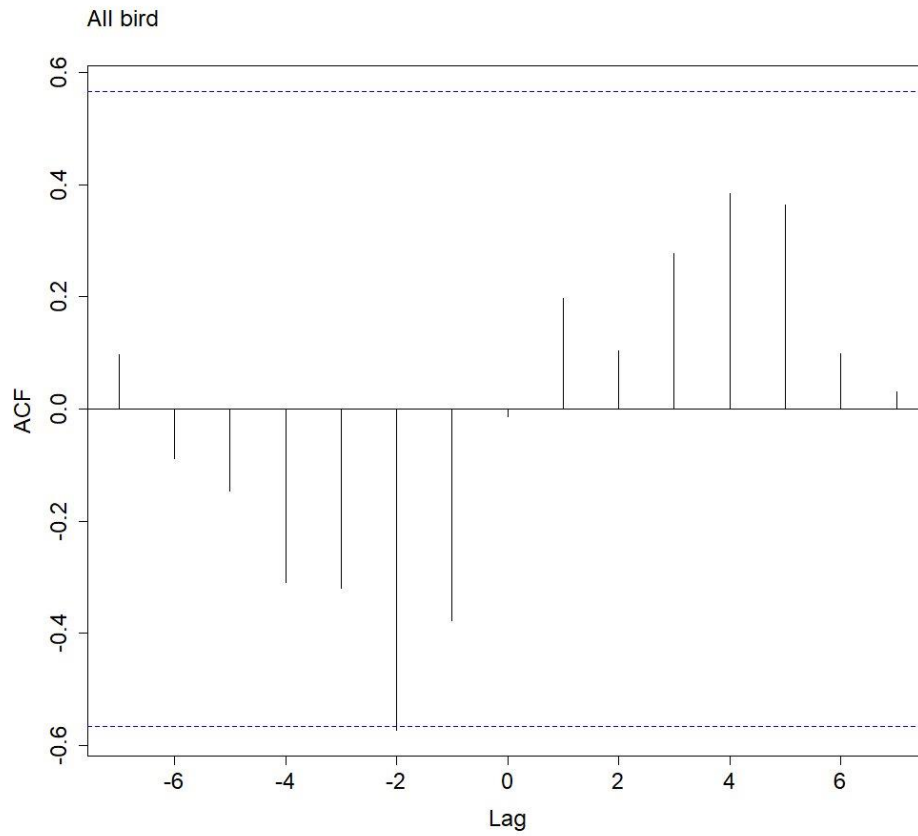


Figure 3. Cross-correlation function (CCF) of the number of birds detected during the present study in the REBIO Guaribas, Paraíba, Brazil, between 2018 and 2019. The correlation is significant when the value of the autocorrelation function (ACF) exceeds the dashed line (significance interval), and the lag (number of months, on the x-axis) when it is negative, the vocal activity responses precede the period of greatest rainfall and positive, it indicates that the vocal activity responses were more frequent during or follow the period of greatest rainfall.

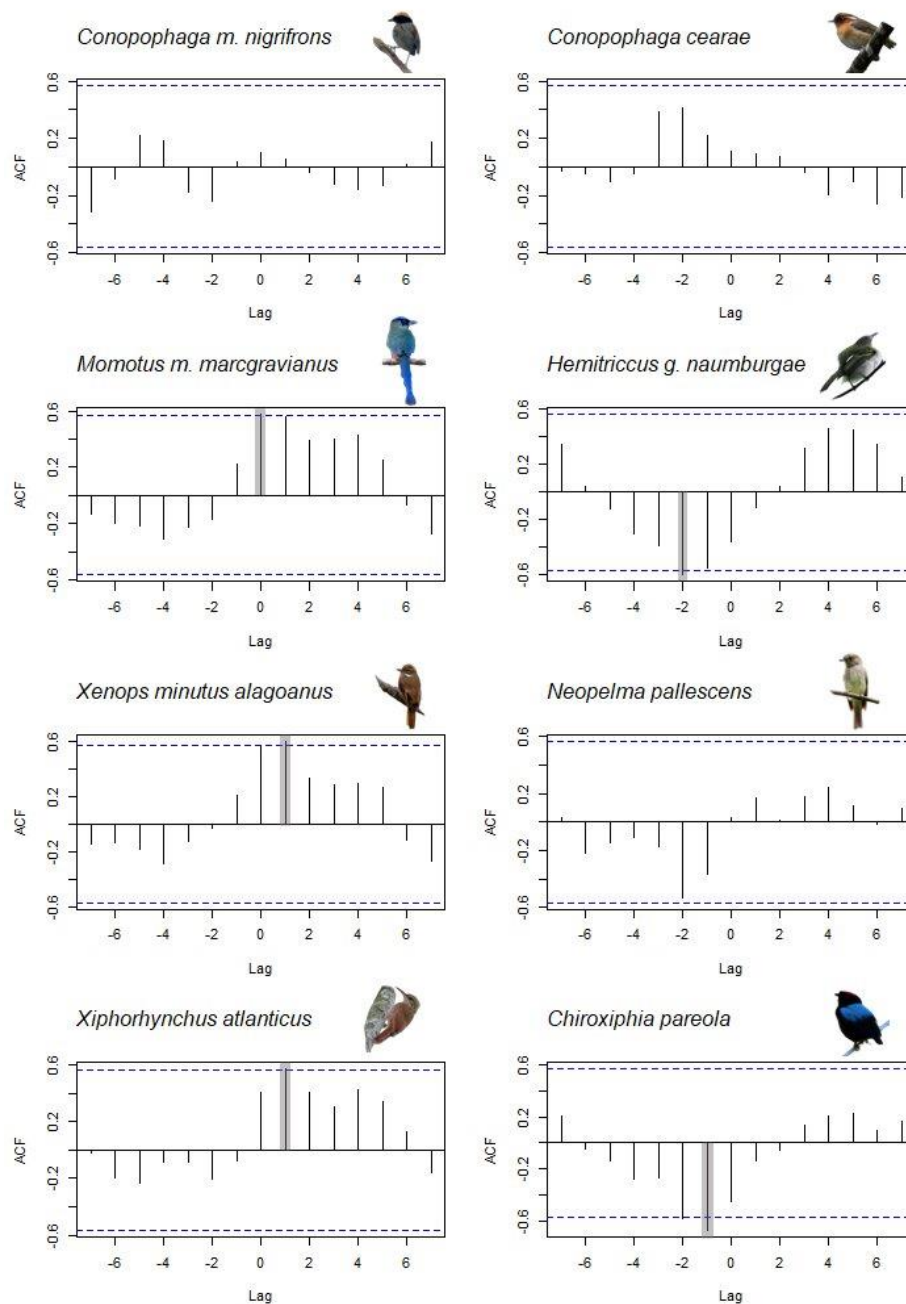


Figure 4. Cross-correlation of the number of birds of each of the study species detected during the present study in the REBIO Guaribas, Paraíba, Brazil, between 2018 and 2019. The correlation is significant when the value of the autocorrelation function (ACF) exceeds the dashed line (significance interval), and the lag (number of months, on the x-axis) when it is negative, the vocal activity responses precede the period of greatest rainfall and positive, it indicates that the vocal activity responses were more frequent during or follow the period of greatest rainfall. The values highlighted in gray are significant correlations ($p < 0.05$).

3 CAPÍTULO II - SELEÇÃO DE HABITAT, OCUPAÇÃO E DENSIDADE DE AVES EM RISCO DE EXTINÇÃO EM UM DOS MAIS AMEAÇADOS *HOTSPOT* DE BIODIVERSIDADE.²

Diego Mendes Lima^{1,2}, Antônio Emanuel Barreto Alves de Sousa¹, Mauro Pichorim³, Helder Farias Pereira de Araujo^{2,4}

¹ Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE). Cabedelo, PB, Brasil.

² Programa Pós-Graduação em Biodiversidade, Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Areia, Brasil.

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte-UFRN, Departamento de Botânica e Zoologia, Natal, Brasil.

⁴ Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Departamento de Biociências, Areia, Brasil.

Autor de correspondência:

Diego Mendes Lima, Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE), Rodovia BR 230, Km 10, Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, Renascer, PB, 58108-012, Brasil.

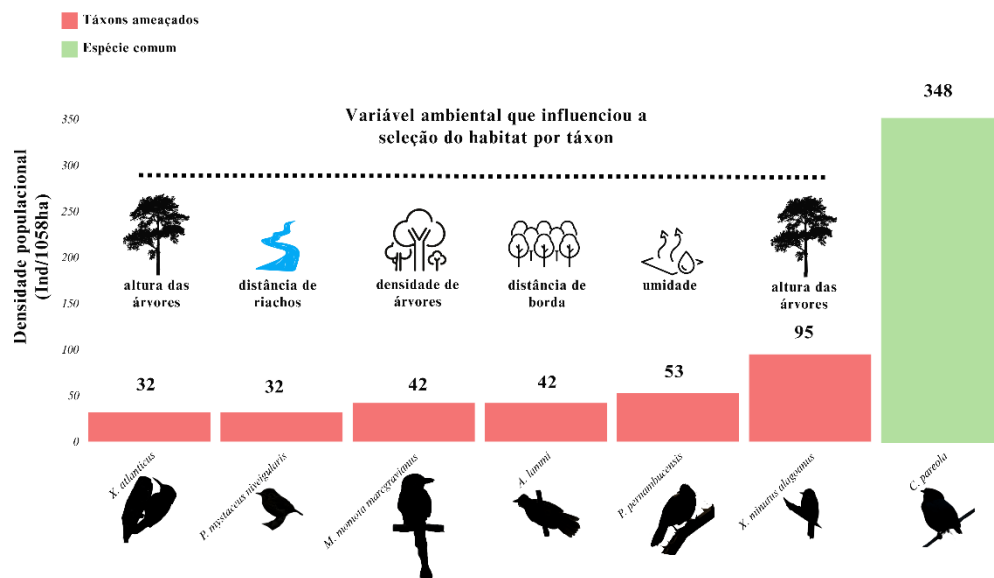
Email: diego.lima@icmbio.gov.br / +55 (83) 998095352

Resumo: Mecanismos que impulsionam a seleção de habitat, ocupação e demografia dos animais dão suporte para compreender quais variáveis do habitat contribuem para a persistência de espécies, como são os seus padrões de comportamento espacial e apoiam medidas de conservação. Nós fornecemos as primeiras estimativas populacionais e identificamos quais fatores associados ao habitat podem influenciar a ocupação de táxons ameaçados, em um fragmento de floresta tropical na Mata Atlântica do Nordeste, uma das áreas mais ameaçadas de um importante hotspot de biodiversidade. Coletamos os dados, entre setembro de 2022 e fevereiro de 2023. As probabilidades de ocupação das espécies foram influenciadas de forma distinta, algumas sofrem efeitos de elementos da estrutura fitossociológica, como altura e/ou densidade de árvores, outras estão associadas à distância da borda florestal ou proximidade de rios e riachos no interior da mata, e, por fim, encontramos uma relação positiva entre a ocupação de uma das espécies com a umidade no interior da mata. Obtivemos também estimativas que resultaram em densidades populacionais distintas, dos seguintes táxons: *Xiphorhynchus atlanticus* (0,03 ind/ha), *Platyrrhynchus mystaceus niveigularis* (0,03 ind/ha), *Momotus momota marcgravianus* (0,04 ind/ha), *Automolus lammi* (0,04 ind/ha), *Pyriglena pernambucensis* (0,05 ind/ha), *Xenops minutus alagoanus* (0,09 ind/ha). As estimativas populacionais são consideradas baixas quando comparadas com outra espécie comum na área e não ameaçada, *Chiroxiphia pareola* (0,33 ind/ha). Nós sugerimos que medidas de conservação em escala local sejam adotadas como: 1) o plantio de mudas de espécies nativas e de estágio tardio no interior da mancha florestal, 2) a conexão com restauração entre fragmentos priorizando locais com cursos d'água entre eles; 3) criação de políticas e práticas de corredores e mosaicos ecológicos; 4) programas de educação ambiental e engajamentos dos residentes próximos na plantação e manutenção de árvores nativas. Tais medida em conjunto vão mitigar os efeitos da fragmentação florestal, permitindo a movimentação de espécies e a manutenção da diversidade biológica.

Key words: Centro de Endemismo de Pernambuco, conservação, estimativa populacional, perda de habitat, Mata Atlântica.

² Manuscrito a ser submetido a revista IBIS, qualis A1, Fator de impacto 4,5.

Resumo gráfico



Infográfico com sumário dos resultados encontrados de seis táxons de aves ameaçadas em comparação com uma espécie comum.

Introdução

A compreensão dos mecanismos que impulsionam a variação na distribuição e na demografia dos animais é de grande interesse na ciência (HOLBROOK et al., 2019). Estudos de seleção de habitat podem fornecer pistas dos processos pelos quais os animais usam os recursos e sugerem padrões de comportamento espacial, que resultam de preferências inatas ou aprendidas associados a benefícios de aptidão (GAILLARD et al., 2010; DOS ANJOS et al., 2015; DUREN et al., 2017; MORANTE-FILHO et al., 2021). Sabe-se que, muitas espécies não ocorrem de forma homogênea em uma matriz florestal, pois os indivíduos utilizam os habitats que oferecem melhores condições para sobrevivência e reprodução (FRETWELL & LUCAS, 1969; ROSENZWEIG, 1991; JONES, 2001). Desta maneira, características locais do habitat podem afetar a ocupação das espécies dentro de manchas florestais, como já observado em morcegos (THOMAS et al., 2010) e aves (BHAKTI et al., 2018), para os quais a ocupação diminui em fragmentos florestais que possuem árvores com menor área basal. Portanto, os animais podem estar confinados em pequenas áreas de habitat dentro de um fragmento florestal, e o reconhecimento dessas áreas revela as verdadeiras necessidades de uma espécie (HANSBAUER et al., 2010).

As florestas tropicais abrigam o maior número de espécies na Terra, como é o caso da Mata Atlântica, que contém de 1% a 8% da biodiversidade mundial (SILVA & CASTELETTI, 2005; MORANTE-FILHO et al., 2021), com muitas espécies endêmicas e naturalmente raras (GOERCK, 1997). No entanto, esse *hotspot* de biodiversidade vem sofrendo grande perda de biodiversidade devido ao aumento crescente das atividades antrópicas (HADDAD et al., 2015; EDWARDS et al., 2019). As manchas remanescentes de florestas tropicais estão se tornando pequenas, degradadas e isoladas devido aos tipos de uso da terra, o que pode ameaçar a sobrevivência da biota e o desempenho ecológico funcional dessas paisagens modificadas pelo homem (MELO et al., 2013; FARIA et al., 2023). Muitos estudos têm relatado mudanças na estrutura das comunidades de remanescentes florestais fragmentados, culminando num declínio populacional das espécies e diversos desequilíbrios ecossistêmicos (KARANTH & CHELLAM, 2009; BENCHIMOL & PERES, 2014; BARLOW et al., 2016; BRINKMANN et al., 2019; PÜTTKER et al., 2020; AZEVEDO et al., 2022).

Os táxons ameaçados da Mata Atlântica representam cerca de 47% (n = 122 táxons) de todas as aves ameaçadas no território brasileiro, incluindo subespécies (ICMBio, 2023). Desse universo, 15% correspondem a táxons endêmicos à região ao norte do rio São Francisco, nos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Esta região é uma das mais ameaçada de toda Mata Atlântica, restando apenas 12% de sua área original (RIBEIRO et al., 2009), com modificações antrópicas que influenciam também a estrutura dos poucos remanescentes florestais. A destruição e a exploração insustentável da Mata Atlântica têm o potencial de causar uma onda catastrófica de extinções de aves, principalmente na região ao norte do rio São Francisco. Na última década três espécies de aves endêmicas dessa região foram extintas, *Glaucidium mooreorum*, *Philydor novaesi* e *Cichlocolaptes mazarbarnetti* (RODA 2005; RODA et al. 2011; PEREIRA et al. 2014; ICMBio 2018) e sete encontram-se criticamente ameaçadas (MMA 2022). Algumas dessas espécies foram extintas antes de serem descritas pela ciência (SILVEIRA et al., 2003; LEES & PIMM, 2015) e outras estão à beira da extinção sem informações básicas sobre ecologia e uso de habitat (PEREIRA et al., 2014; ICMBio/MMA, 2018).

A complexa interação entre a composição e configuração da paisagem, estrutura da vegetação e disponibilidade de recursos, influencia diretamente a escolha das aves por determinadas áreas (FARIA et al., 2023; MORANTE-FILHO et al., 2021). Fatores que podem contribuir para entender o uso desproporcional do habitat por espécies florestais são relacionados com variações geográficas (relevo, rios, etc), estrutura da vegetação e variáveis

associadas à disponibilidade de alimento (CODY, 1981; ROTENBERRY, 1985; BHAKTI et al., 2018). Compreender quais variáveis influenciam a presença e a densidade das espécies ameaçadas em manchas florestais contribui para a identificação de preditores de persistência dessas espécies em paisagens tropicais perturbadas. Assim, essas informações podem contribuir para medidas de conservação mais precisas que estabeleçam estratégias de melhorias da estrutura da vegetação, permitindo a manutenção da qualidade do habitat para espécies ameaçadas (BIBBY et al., 2000; JOHNSON, 2007; MORANTE-FILHO et al., 2021).

Aqui, nós avaliamos o padrão de seleção e ocupação de habitat por aves ameaçadas, em um fragmento de floresta tropical na Mata Atlântica ao norte do rio São Francisco. Especificamente, nós avaliamos a hipótese que diferentes variáveis do habitat podem influenciar a probabilidade de ocupação de diferentes táxons, pois o conjunto dessas variáveis agem em combinações que influenciam a ocupação das espécies. Adicionalmente, estimamos o tamanho populacional de seis táxons ameaçados no fragmento florestal e comparamos com o tamanho populacional de uma espécie comum.

Material e método

Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Engenho Gargaú (7°01'30.00"S; 34°57'33.87"O), unidade de conservação (UC) de propriedade da Usina Japungu Agroindustrial S/A. A reserva, está localizada no município de Santa Rita, no litoral norte do Estado da Paraíba, Brasil (Figura 1A). O fragmento florestal possui 1.058,62 ha (MMA, 1994), é composto por Floresta Estacional Semidecidual (BRASIL, 1981) e está inserido na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (Portaria nº 463, de 18 de dezembro de 2018) como Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade como importância biológica “Extremamente Alta” (MMA, 2018). Entretanto, encontra-se em uma região de alta pressão antrópica, circundada por canaviais com ocorrências de caça, apanha e retirada de lenha (Torres Junior, 2015). O clima é tropical e úmido com verão seco e inverno chuvoso (KÖPPEN, 1936), com temperatura média anual em torno dos 25 °C (LIMA & HECKENDORFF, 1985).

Amostragem de ocupação e variáveis do habitat

Para responder quais variáveis do habitat influenciam a probabilidade de ocupação dos táxons ameaçados *Xiphorhynchus atlanticus*, *Platyrrinchus mystaceus niveigularis*, *Momotus momota marcgravianus*, *Automolus lammi*, *Pyriglena pernambucensis*, e *Xenops minutus*

alagoanus, selecionamos 20 sítios, distribuídos aleatoriamente no fragmento florestal da RPPN Gargaú, com uma distância mínima de 300 metros entre eles. Cada sítio constitui em uma área circular com aproximadamente 100 metros de diâmetro (Figura 1B). Todas as espécies e subespécies selecionadas são categorizadas como ameaçadas de extinção nacionalmente (MMA, 2022) e são táxons dependentes de ambientes florestais (RODA et al., 2011).

Para amostrar ocupação dos táxons, cada sítio foi visitado cinco vezes, entre setembro de 2022 e fevereiro de 2023 (caracterizando uma estação), no período de maior atividade das aves entre 5h e 9h na manhã, em dias não consecutivos. Cada visita aos sítios tiveram a duração de 10 minutos, onde dois observadores anotavam a presença ou ausência do táxon. Cada registro era obtido pela manifestação espontânea, sem utilização de *playback*.

Selecionamos nove variáveis ambientais como potenciais fatores que caracterizam o habitat das espécies: umidade, cobertura do dossel, altitude, distância para riacho, distância para borda, média da circunferência na altura do peito das árvores (CAP), altura média das árvores, densidade de árvores e número de palmeiras de sub-bosque. O maior número de palmeiras de sub-bosque foi utilizado como um indicador de melhor cobertura florestal (BENCHIMOL et al., 2017a). Os dados de umidade de cada sítio foram obtidos com um termo-higrômetro digital (FEPRO-MUT600S). Realizamos três medições em cada sítio, em horários diferentes, entre 5h e 9h, e calculamos a média para cada um. Informações de altitude foram obtidas através de dados de elevação digital de satélites com 1 Arc-Sec de resolução (<https://alpinequest.net/en/help/v2/elevations>) e analisado no *software* QGis (versão 2.18.22). A distância para corpo d'água e borda da floresta foi calculada com auxílio do *software* QGis, utilizado a camada hidrográfica disponível no catálogo de metadados da ANA – Agência Nacional de Águas (<https://metadados.snirh.gov.br>) e do polígono da unidade (<https://sistemas.icmbio.gov.br>). A média da circunferência a altura do peito (CAP), a altura média das árvores, a densidade de árvores, o número de palmeiras e a cobertura do dossel foram mensurados em quatro parcelas de 10 x 10 m em direção aos quatro pontos cardeais (N, S, L e O), distante 50 metros do ponto central do sítio (Figura 1B). Em cada parcela, mensuramos a altura das árvores maiores ou igual a 1,5 m e com CAP maior ou igual a 16 cm, com uso de trena a laser (HT Instruments, 5 cm até 40 m) e fita métrica, respectivamente. A leitura da cobertura do dossel foi realizada com uma câmera digital Canon EOS 7D com lente de 32 mm, fazendo fotos em cada ponto cardinal, a 1 m do solo, nas quatro parcelas de 10 x 10 em cada sítio amostrado. As fotos foram submetidas ao Programa *ImageJ*, seguindo a metodologia de ENGELBRECHT & HERZ (2001), com modificações: (1) transformação da imagem para o

tipo 8-bit; a imagem passa pelo processo de modo binário (preto e branco); (2) quando necessário, correções de pequenos reflexos em galhos, troncos e folhas que assumiram a coloração branca e que seriam considerados como parte do dossel aberto, na função *Threshold Color*; (3) o resultado é emitido em área/pixel e a porcentagem do preto equivale à cobertura de dossel.

Para evitar a sobreparametrização nos modelos através do uso de possíveis variáveis que poderiam ser consideradas altamente correlacionadas (Apêndice A). Utilizamos uma matriz de correlação de *Spearman* calculada na versão do programa R 4.2.3. Todas as variáveis apresentaram valores de correlação baixos e não significativos ($r < 0.7$).

Modelagem de probabilidades de ocupação e detecção

Para analisar se a probabilidade de ocupação dos táxons foi influenciada pelas variáveis do habitat, utilizamos modelos de ocupação *single-season* (ocupação estática) no *software* Mark (versão 9.0). Esse programa utiliza o conceito de detecção imperfeita para os registros das espécies, levando em consideração que nem sempre é possível encontrar o animal durante a visita em um determinado sítio. Dessa forma, a tradicional ideia de presença/ausência é substituída para um valor de probabilidade de detecção da espécie que varia entre 0 e 1 (MACKENZIE et al., 2002, 2005). Assim, a probabilidade de um local ser ocupado pela espécie (Ψ) é estimada considerando a probabilidade do animal ser detectado (p) durante o tempo (t) de visita no local, dado que a espécie ocorra na área.

Os modelos de ocupação levam em consideração algumas premissas: (1) o status de ocupação em cada sítio não muda ao longo da estação de amostragem; ou seja, os sítios estão “fechados” para mudanças na ocupação até o final da amostragem; (2) a detecção e probabilidade de ocupação é constante entre os sítios, se houver heterogeneidade a probabilidade de ocupação pode ser corretamente modelada usando covariáveis; (3) as espécies em questão não podem ser identificadas incorretamente; e (4) a detecção de espécies e os históricos de detecção em cada sítio são independentes (MACKENZIE et al., 2017).

Para investigar a influência das variáveis do habitat na probabilidade de ocupação dos táxons alvo, fizemos a modelagem em duas etapas. Primeiro construímos um modelo inicial com a estrutura mais parametrizada na ocupação (Ψ), isto é, com todas as variáveis de hábitat, e verificamos qual estrutura explicou melhor a probabilidade de detecção, testando neste parâmetro as variáveis tempo (dias das visitas) e o horário das visitas em cada sítio. Isso foi feito para verificarmos se o dia em que cada sítio foi visitado e/ou o horário em que cada visita

ocorreu no sítio influenciou a detecção das espécies. Em seguida, considerando a melhor estrutura de detecção encontrada para cada espécie, testamos todas as combinações das diferentes variáveis do habitat na ocupação (Ψ). Em todas as etapas construímos apenas modelos aditivos.

A seleção do modelo mais parcimonioso foi realizada através do menor valor de AICc (*Akaike's information criterion* para pequenas amostras) e diferença de até 2 AICc ($\Delta\text{AICc} < 2$) para o modelo mais bem ranqueado, observando a capacidade explicativa do modelo através do peso do modelo (w_i) (ARNOLD, 2010). Identificamos a intensidade da influência de cada variável do habitat na probabilidade de ocupação de cada táxon utilizando o peso acumulado de AICc e avaliamos a probabilidade de ocupação dos táxons com relação a respectiva variável. Também, espacializamos as estimativas de probabilidade de ocupação da variável com maior peso por táxon, usando a função de densidade Kernel no *software* QGIS (versão 3.32.1).

Estimativa de densidade populacional

A obtenção dos dados de densidade populacional das aves ocorreu em amostragens mensais entre setembro de 2022 e janeiro de 2023. Realizamos uma abordagem de amostragem de distâncias perpendiculares (BUCKLAND et al., 1993, 2001; CULLEN & RUDRAN, 2004). Foram percorridos dois transectos de 2 km a pé, distribuídos no interior da floresta. As amostragens foram realizadas no período de maior atividade das aves (entre 5 h e 9 h), a uma velocidade constante ($\sim 1,25$ km/h), no mínimo uma vez por mês, totalizando 30 km somados as 15 réplicas. Cada réplica teve um intervalo mínimo de 10 dias e foram percorridos sempre por dois observadores treinados, onde detectaram aves ameaçadas e, utilizamos dados populacionais de *Chiroxiphia pareola*, uma espécie não ameaçada e muito abundante na área, como medida de comparação não estatística.

As densidades populacionais foram estimadas utilizando a seleção de modelos do *software* DISTANCE 7.5 (THOMAS et al., 2010). O ponto chave desse processo está em encontrar um modelo, ou uma Função de Detecção (uniform, hazard-rate, e half-normal), que melhor explique o comportamento das distâncias observadas, gerando estimativas de densidade populacional corrigidas (BUCKLAND et al., 1993, 2001; CULLEN & RUDRAN, 2004). Não utilizamos a função negative exponential acatando a recomendação de THOMAS et al. (2010). Selecionamos o modelo mais parcimonioso utilizando o *Akaike's information criterion* (AIC) ajustado dentre todas as combinações possíveis de funções de detecção e seus ajustes Cosine, Simple Polynomial e Hermite Polynomial, onde exploramos um total de nove modelos

diferentes para cada táxon. Realizamos o Goodness-of-fit de Kolmogorov-Smirnov e as análises visuais de gráficos quantil-quantil (gráficos Q-q plot) (THOMAS et al., 2010). Estudos populacionais com espécies raras apresentam limitações pelo número de registros das espécies serem naturalmente baixos. Para atingir o número mínimo razoável de registros necessários para a modelagem eficiente de distância (BUCKLAND et al. 1993, 2001, THOMAS et al. 2010), o conjunto de transectos foi tratado como um único transecto mais longo para as análises estatísticas. Os registros obtidos em diferentes transectos foram agrupados (BUCKLAND et al., 2001; BERNARDO et al., 2011; PRADO et al., 2022). Em seguida, para calcular o número de indivíduos por hectare foi dividido pelo número de repetições ($n = 15$) a fim de gerar as estimativas de densidade populacional mais próximas às reais (ver também PRADO et al., 2022). Usamos a abordagem analítica, com configurações de parâmetros padrão, para estimar os coeficientes de variação (dCV) e os intervalos de confiança inferior e superior de 95% associados aos dados de densidade populacional (PRADO et al., 2022).

Resultados

Modelagem de probabilidade de ocupação e detecção

Dentre todos os modelos possíveis de p não encontramos efeito, sendo p (constante) a melhor estrutura. Desta forma, foram analisadas 512 possibilidades diferentes de modelos de ocupação para cada táxon, com as combinações de todas as variáveis do habitat com p (constante). A variável com maior força adequada aos modelos mais ajustados de cada táxon foram: 1) altura de árvores (Weight = 0,61) para *Xiphorhynchus atlanticus*; 2) distância de riachos (Weight = 0,78) para *Platyrrhynchus mystaceus niveigularis*; 3) densidade de árvores (Weight = 0,70) para *Momotus momota marcgravianus*; 4) distância da borda (Weight = 0,85) para *Automolus lammi*; 5) umidade (Weight = 0,57) para *Pyriglena pernambucensis*; 6) altura das árvores (Weight = 0,54) para *Xenops minutus alagoanus*, contudo, o modelo nulo pode também ser aceito, visto que o modelo com ocupação constante ficou dentro da incerteza ($\Delta AICc < 2$) (Tabela 1; Figura 2).

Em relação à direção e magnitude da influência das variáveis de habitat: 1) a altura das árvores ($F_{(1,18)} = 422$, $R^2 = 0.95$, $p = 6.07e-14$) influenciou significativa e positivamente a probabilidade de ocupação de *X. atlanticus*; 2) a distância para riachos ($F_{(1,18)} = 52.19$, $R^2 = 0.74$, $p = 1.02e-06$) tem uma associação negativa e significativa com a ocupação de *P. m. niveigularis*; 3) a densidade de árvores apresentou uma relação significativa e positiva ($F_{(1,18)} = 7.626$, $R^2 = 0.29$, $p = 0.01$) na ocupação de *M. m. marcgravianus*; 4) a distância da borda da

floresta ($F_{(1,18)} = 7.069$, $R^2 = 0.28$, $p = 0.01$) influenciou significativamente e positivamente a probabilidade de ocupação por *A. lammi*; 5) a umidade ($F_{(1,18)} = 500.5$, $R^2 = 0.96$, $p = 1.38e-14$) influenciou de forma significativa e positiva na ocupação de *P. pernambucensis*; 6) a altura das árvores influenciou de forma negativa, porém não significativa a ocupação de *X. m. alagoanus* ($F_{(1,18)} = 2.965$, $R^2 = 0.14$, $p = 0.10$) (Figura 3). Os táxons ocupam de forma heterogênea os pontos amostrados conforme a influência das respectivas variáveis do habitat (Figura 4).

Estimativas de densidade populacional

Os modelos mais parcimoniosos de cinco das espécies ameaçadas foram Uniform Cosine, apenas *Automolus lammi* teve o modelo melhor ajustado com a função de detecção Uniform Hermite polynomial (Tabela 2). As distâncias efetivas (ESW/EDR) de 8,70 m a 11,60 m. As densidades populacionais dos seis táxons ameaçados variaram entre 30 e 95 ind/1058 ha, valores muito inferiores a densidade de 348 ind/1058 ha de *Chiroxiphia pareola*, espécie comum e muito frequente na área de estudo (Figura 5).

Discussão

Nosso estudo demonstra que diferentes variáveis ambientais em habitats florestais influenciam a ocupação de táxons ameaçados de extinção na porção da Floresta Atlântica localizada ao norte do rio São Francisco. Os táxons alvo do estudo apresentam baixa densidade populacional, quando comparados a uma espécie comum. Bem como utilizam de forma distinta e desproporcional a mancha florestal onde ocorrem. Revelamos os primeiros dados populacionais dos táxons ameaçados *P. m. niveigularis*, *M. m. marcgravianus*, *A. lammi*, *X. atlanticus* e *X. m. alagoanus* (ICMBIO/MMA, 2018), que são fundamentais para a definição das prioridades de conservação das espécies e conhecimento sobre o risco de extinção das aves (GREGORY et al., 2004; KAMINO et al., 2012; ICMBio, 2018). Nossos resultados reforçam a ideia de que a probabilidade de ocupação dos táxons selecionados deve ser analisada de forma específica (BHAkti et al., 2018). Visto que diferentes variáveis do habitat explicam melhor os padrões de seleção de habitat das aves ameaçadas na região, bem como podem explicar a relação com a densidade populacional das espécies. Dessa forma, tais informações são chave para desenvolver estratégias eficazes de conservação e manejo para manutenção da viabilidade de suas populações.

Altura e densidade das árvores foram as variáveis mais associadas à ocupação de *X. atlanticus*. Este resultado reforça a suspeita de que a presença da espécie parece estar mais

associada às condições da estrutura da vegetação do fragmento do que simplesmente a quantidade de habitat florestal no fragmento (SILVEIRA et al., 2023d), similar ao encontrado com seu congênere, *Xiphorhynchus fuscus* (BHAKTI et al., 2018). Essa associação deve estar relacionada ao comportamento arborícola da espécie em busca de recursos alimentares no tronco das árvores e de ocos para nidificação e abrigo, comportamento típico para a maioria dos dendrocolaptídeos (SICK, 1997; DEL HOYO et al., 2020). Portanto, além da necessidade de manchas florestais, a qualidade dessas manchas, inferida pela quantidade de árvores altas, é um indicador importante para a manutenção das populações de *X. atlanticus*.

Informações sobre uso de habitat por *Platyrinchus mystaceus* apontam para uma variedade de habitats, incluindo florestas úmidas de várzea e montanhosas, florestas secas, florestas de galeria, florestas secundárias altas; às vezes em áreas com arbustos emaranhados ou matagais de bambu ao longo das bordas da floresta (DEL HOYO et al., 2020). No entanto, a associação da ocupação de *P. m. niveigularis* próxima a riachos, como demonstrado aqui, pode estar relacionada com a obtenção de material para nidificação como “crina vegetais” oriundas de fungos do gênero *Marasmius* sp. (SICK, 1997), frequente no interior de florestas em áreas bastante úmidas.

A densidade de árvores por hectare juntamente com o número de palmeiras de sub-bosque foram as variáveis do modelo mais parametrizado para explicar a ocupação de *Momotus m. marcgravianus*. São poucas as informações publicadas sobre o habitat utilizado por *M. m. marcgravianus* e a única informação que se tem disponível é de que o táxon ocupa apenas ambientes florestais e não se desloca entre fragmentos (SILVEIRA et al., 2023c). No entanto, nossos resultados trazem o papel de variáveis do habitat sobre a probabilidade de ocupação do táxon como a associação positiva com a densidade de árvores.

Uma combinação entre as variáveis distância da borda e de riachos foi o melhor modelo para influenciar a probabilidade de ocupação de *A. lammi*. Esse modelo reforça, o conhecimento existente sobre os atributos de habitat onde a espécie é comumente encontrada, ocupando o interior da mata, privilegiando florestas mais altas, com árvores maiores, copa fechada e sub-bosque aberto, com presença maior de palmeira de sub-bosque (DANTAS & ALBANO, 2018; SILVEIRA et al., 2023b). A seleção do habitat por elementos estruturantes da vegetação também foi relacionada a presença do seu congênere, *Automolus leucophthalmus*, com distribuição para Mata Atlântica ao sul do Rio São Francisco (BHAKTI et al., 2018). Outras variáveis que aparecem em alguns dos melhores modelos são distância para riachos e altitude, as quais podem estar relacionadas a atributos úteis na construção de ninhos em cavidades em

barrancos próximos de riachos (DANTAS & ALBANO, 2018), o que sugere uma aptidão da espécie em selecionar locais de nidificação (GAILLARD et al., 2010). Nossos resultados reforçam que *A. lammi* e *X. atlanticus* são umas das espécies que podem sofrer intensamente com os efeitos negativos da degradação florestal que aumenta a mortalidade de árvores de grande porte, principalmente próximas às bordas, levando a alterações da estrutura fitossociológica da mancha florestal (MESQUITA et al., 1999).

Encontramos uma relação positiva entre a ocupação de *P. pernambucensis* e a umidade, além da associação com árvores de maior diâmetro. Isso corrobora com informações da história natural da espécie que depende de micro-habitat com maior umidade no interior da mata (SILVEIRA et al., 2023e). A expectativa da probabilidade de ocupação aumenta na medida que aumenta a umidade local.

Dois modelos foram mais bem ranqueados para explicar a ocupação de *X. m. alagoanus*, um com associação negativa com altura das árvores em conjunto com número de palmeira de sob-bosque e outro que sugere probabilidade de ocupação constante (modelo nulo), indicando que nenhuma das variáveis influenciariam sua ocupação. Observações em campo sugerem que *X. m. alagoanus* tem comportamento mais generalista dentro da floresta, sendo encontrado em florestas secundárias altas, habitando tanto o interior como as bordas, bem como os estratos mais baixos e nas copas não muito altas (DECKER, 2020; SILVEIRA et al., 2023b). Portanto, suspeitamos que um maior esforço amostral possa suportar a seleção desproporcional por ambientes favorecendo locais com árvores baixas, dentro de uma mancha florestal.

Além das associações das variáveis de habitat com a ocupação, demonstramos que as populações dos seis táxons ameaçados ocorrem em baixa densidade, visto que densidade populacional de *C. pareola*, espécie comum e frequente, foi quatro vezes maior do que a densidade de *X. m. alagoanus*, espécie com maior densidade dentre as ameaçadas. As densidades populacionais dos seis táxons ameaçados, que variaram de 0,03 até 0,09 indivíduos/ha, também foram menores que de outras aves ameaçadas que ocorrem em florestas tropicais na Costa Rica, como *Habia atrimaxillaris* (Cardinalidae) com densidades de 0,24 a 0,27 indivíduos/ha (CORNILS et al., 2015). Também menor do que passeriformes insetívoros ameaçados da Mata Atlântica, sudeste do Brasil, como o barbudinho (*Phylloscartes eximius*) 0,12 indivíduos/ha (TONETTI & PIZO, 2016), ou mesmo espécies em outras manchas florestais na Mata Atlântica ao norte do São Francisco, cuspidor-de-máscara-preta (*Conopophaga melanops nigrifrons*) 0,35 indivíduos/ha, choca-lisa (*Thamnophilus aethiops distans*) 0,14 indivíduos/ha e flautim-marrom (*Schiffornis turdina intermedia*) 0,21

indivíduos/ha (PRADO et al., 2022a, 2022b). Mesmo se consideramos uma mesma espécie, (*P. pernambucensis*) teve densidade estimada aqui de 0,03 indivíduos/ha enquanto foi de 0,15 indivíduos/ha em um fragmento florestal no estado de Alagoas (PRADO et al. 2022b). Isso pode ser explicado pela variação na disponibilidade das condições adequadas de habitat associadas às espécies (BHAKTI et al., 2018; BREGMAN et al., 2014; HANSBAUER et al., 2010) e sugere que a perda do habitat é uma das principais ameaças para estas aves (PEREIRA et al., 2014). A baixa densidades dos táxons e a fragmentação florestal provoca o isolamento de pequenas populações que, como consequência, aumentaram as taxas de endogamia e vulnerabilidade a eventos estocásticos (TRAILL et al., 2010).

Ressaltamos a importância da continuidade do monitoramento populacional dos táxons, o que permitirá acompanhar flutuações populacionais e uma melhor análise da probabilidade de risco de extinção. Estamos vivenciando um cenário de alterações ambientais (e.g. perda de habitat e fragmentação), onde quase quatro milhões de hectares de florestas tropicais foram perdidas na última década e convertidas para diversos tipos de uso do solo como, agricultura, pastagens e áreas urbanas (CURTIS et al., 2018). A velocidade dessa devastação, tem um efeito cascata, resultando em grande perda da biodiversidade provocando mudanças massivas na estrutura da comunidade dentro dos remanescentes florestais (BENCHIMOL et al., 2017b; PÜTTKER et al., 2020). Neste sentido, nossos resultados podem servir de apoio para formular estratégia para a conservação desses táxons, de forma a minimizar os efeitos da perda de habitat. Diferentes medidas combinadas podem contribuir significativamente para a conservação de ecossistemas florestais e para a promoção de uma melhor qualidade do habitat. Por exemplo, a variável altura das árvores é um elemento estrutural da floresta essencial para o equilíbrio do ecossistema, onde sua manutenção assegura boa cobertura florestal, luminosidade, biomassa no solo, condições microclimáticas e diversidade de espécie (FARIA et al., 2023). Aqui recomendamos o plantio de mudas de espécies nativas e de estágio tardio no interior da mancha florestal para acelerar o recrutamento. A criação de corredores ecológicos conectando fragmentos de floresta também é fundamental para mitigar os efeitos da fragmentação florestal, permitindo a movimentação de espécies e a manutenção da diversidade biológica. Também, registramos a importância de incentivar a participação da comunidade local, oferecendo programas de educação ambiental e engajando os residentes na plantação e manutenção de árvores nativas.

Referências

- ARNOLD, T. W. Uninformative Parameters and Model Selection Using Akaike's Information Criterion. **Journal of Wildlife Management**, v. 74, n. 6, p. 1175–1178, ago. 2010.
- AZEVEDO, F. C. C. DE et al. Density and habitat use of one of the last jaguar populations of the Brazilian Atlantic Forest: Is there still hope? **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 1, 15 jan. 2022.
- BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, v. 535, n. 7610, p. 144–147, 7 jul. 2016.
- BENCHIMOL, M. et al. Losing our palms: The influence of landscape-scale deforestation on Arecaceae diversity in the Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 384, p. 314–322, jan. 2017a.
- BENCHIMOL, M. et al. Translating plant community responses to habitat loss into conservation practices: Forest cover matters. **Biological Conservation**, v. 209, p. 499–507, maio 2017b.
- BENCHIMOL, M.; PERES, C. A. Predicting primate local extinctions within “real-world” forest fragments: A pan-neotropical analysis. **American Journal of Primatology**, v. 76, n. 3, p. 289–302, 8 mar. 2014.
- BERNARDO, C. S. S. et al. Density estimates of the black-fronted piping guan in the Brazilian Atlantic rainforest. **Wilson Journal of Ornithology**, v. 123, n. 4, p. 690–698, dez. 2011.
- BHAKTI, T. et al. Does scale matter? The influence of three-level spatial scales on forest bird occurrence in a tropical landscape. **PLOS ONE**, v. 13, n. 6, p. e0198732, 18 jun. 2018.
- BIBBY, C.; MARSDEN, S.; FIELDING, A. H. Bird-habitat studies. Em: BIBBY, C.; JONES, M.; MARSDEN, S. (Eds.). **Expedition Field Techniques: Bird Surveys**. UK: Expedition Advisory Centre, 2000. p. 99–114.
- BRASIL. **Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: [s.n.]. v. 23
- BRINKMANN, N. et al. Intensive tropical land use massively shifts soil fungal communities. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 3403, 4 mar. 2019.
- BUCKLAND, S. T. et al. **Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations**. London: Chapman and Hall, 1993.
- BUCKLAND, S. T. et al. **Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations**. New York: Oxford University Press, 2001.
- CODY, M. L. Habitat Selection in Birds: The Roles of Vegetation Structure, Competitors, and Productivity. **BioScience**, v. 31, n. 2, p. 107–113, fev. 1981.

CORNILS, J. S. et al. Population density and habitat preferences of the Black-cheeked Ant-tanager *Habia atrimaxillaris*. **Bird Conservation International**, v. 25, n. 3, p. 306–321, 23 set. 2015.

CULLEN, JR. L.; RUDRAN, R. Transectos lineares na estimativa de densidade de mamíferos e aves de médio e grande porte. Em: CULLEN, JR. L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PAUDA, C. (Eds.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação da Vida Silvestre**. 2^a ed. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 2004. p. 169–179.

CURTIS, P. G. et al. Classifying drivers of global forest loss. **Science**, v. 361, n. 6407, p. 1108–1111, 14 set. 2018.

DANTAS, S. M.; ALBANO, C. Automolus lammi Zimmer, 1947. Em: ICMBIO (Ed.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília: [s.n.]. v. IIIp. 18–20.
DECKER, S. Plain Xenops (*Xenops minutus*). Em: SCHULENBERG, T. S. (Ed.). **Birds of the World**. [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2020.

DEL HOYO, J.; COLLAR, N.; KIRWAN, G. M. Ceara Woodcreeper (*Xiphorhynchus atlanticus*). Em: DEL HOYO, J. et al. (Eds.). **Birds of the World**. [s.l.] Cornell Lab of Ornithology, 2020.

DOS ANJOS, L. et al. Can habitat specialization patterns of Neotropical birds highlight vulnerable areas for conservation in the Atlantic rainforest, southern Brazil? **Biological Conservation**, v. 188, p. 32–40, ago. 2015.

DUREN, A. M.; WILLIAMS, C. K.; D'AMICO, V. Microhabitat Factors Associated with Occupancy of Songbirds in Suburban Forest Fragments in the Eastern United States. **The American Midland Naturalist**, v. 178, n. 2, p. 189–202, out. 2017.

EDWARDS, D. P. et al. **Conservation of Tropical Forests in the Anthropocene**. **Current Biology** Cell Press, 7 out. 2019.

ENGELBRECHT, B. M. J.; HERZ, H. M. Evaluation of Different Methods to Estimate Understorey Light Conditions in Tropical Forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 17, p. 207–224, 2001.

FARIA, D. et al. The breakdown of ecosystem functionality driven by deforestation in a global biodiversity hotspot. **Biological Conservation**, v. 283, p. 110126, jul. 2023.

FRETWELL, S. D.; LUCAS, H. L. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. **Acta Biotheoretica**, v. 19, n. 1, p. 16–36, mar. 1969.

GAILLARD, J.-M. et al. Habitat–performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1550, p. 2255–2265, 27 jul. 2010.

GOERCK, J. M. Patterns of Rarity in the Birds of the Atlantic Forest of Brazil. **Conservation Biology**, v. 11, n. 1, p. 112–118, 17 fev. 1997.

GREGORY, R. D.; GIBBONS, D. W.; DONALD, P. F. Bird census and survey techniques. Em: SUTHERLAND, W. J.; NEWTON, I.; GREEN, R. E. (Eds.). **Bird Ecology and Conservation: A Handbook of Techniques**. Oxford University ed. New York: [s.n.]. p. 17–18.

HADDAD, N. M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, 6 mar. 2015.

HANSBAUER, M. M. et al. Microhabitat Selection of three Forest Understory Birds in the Brazilian Atlantic Rainforest. **Biotropica**, v. 42, n. 3, p. 355–362, 19 maio 2010.

HOLBROOK, J. D. et al. Functional responses in habitat selection: clarifying hypotheses and interpretations. **Ecological Applications**, v. 29, n. 3, 26 abr. 2019.

IBAMA, (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS). **Plano de Manejo Reserva Biológica Guaribas**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/IBAMA, 2003. v. Fase 2
ICMBIO. **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE**. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br/>>. Acesso em: 11 set. 2023.

ICMBIO/MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 1. ed. Brasília: [s.n.]. v. I

JOHNSON, M. D. Measuring Habitat Quality: A Review. **The Condor**, v. 109, n. 3, p. 489–504, 1 ago. 2007.

JONES, J. Habitat Selection Studies in Avian Ecology: A Critical Review In addition, many nonhabitat-related phenomena influence habitat selection in birds. **Commentary The Auk**, v. 118, n. 2, p. 557–562, 2001.

KAMINO, L. H. Y. et al. Challenges and perspectives for species distribution modelling in the neotropics. **Biology Letters**, v. 8, n. 3, p. 324–326, 23 jun. 2012.

KARANTH, K. U.; CHELLAM, R. Carnivore conservation at the crossroads. **Oryx**, v. 43, n. 01, p. 1, 28 jan. 2009.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. Berlin: Handbuch der Klimatologie, 1936. v. 1

LEES, A. C.; PIMM, S. L. Species, extinct before we know them? **Current Biology**, v. 25, n. 5, p. R177–R180, mar. 2015.

LIMA, P. J.; HECKENDORFF, W. D. Climatologia. Em: Atlas Geográfico do Estado da Paraíba, Governo do Estado da Paraíba, Secretaria da Educação e UFPB. **Grafset, João Pessoa**, p. 34–44, 1985.

MACKENZIE, D. I. et al. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. **Ecology**, v. 83, n. 8, p. 2248–2255, 2002.

MACKENZIE, D. I. et al. Improving inferences in population studies of rare species that are detected imperfectly. **Ecology**, v. 86, n. 5, p. 1101–1113, maio 2005.

MACKENZIE, D. I. et al. **Occupancy Estimation and Modeling**. [s.l.] Elsevier, 2017.
MELO, F. P. L. et al. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 8, p. 462–468, ago. 2013.

MESQUITA, R. C. G.; DELAMÔNICA, P.; LAURANCE, W. F. Effect of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian forest fragments. **Biological Conservation**, v. 91, n. 2–3, p. 129–134, dez. 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Áreas Prioritárias para a Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira ou Áreas Prioritárias para a Biodiversidade. PORTARIA Nº 463, DE 18 DE DEZEMBRO DE 2018**, 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Reserva Particular do Patrimônio Natural Gargaú. Portaria nº 64 de 14 de junho de 1994**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://sistemas.icmbio.gov.br/simrppn/publico/detalhe/642/>>. Acesso em: 31 jul. 2023.
MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>>.

MORANTE-FILHO, J. C.; BENCHIMOL, M.; FARIA, D. Landscape composition is the strongest determinant of bird occupancy patterns in tropical forest patches. **Landscape Ecology**, v. 36, n. 1, p. 105–117, 24 jan. 2021.

PEREIRA, G. A. et al. Status of the globally threatened forest birds of northeast Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 54, n. 14, p. 177–194, 2014.

PRADO, L. C. et al. Population density estimates for three endangered bird taxa from the Pernambuco Endemism Center, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 22, n. 3, 2022a.

PRADO, L. C. et al. Population density estimates and key microhabitat parameters for two endangered tropical forest understory insectivorous passerines from the Pernambuco Endemism Center. **Avian Conservation and Ecology**, v. 17, n. 2, p. 22, 2022b.

PÜTTKER, T. et al. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, v. 241, p. 108368, jan. 2020.

RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, jun. 2009.

RODA, S. A.; PEREIRA, G. A.; ALBANO, C. **Conservação de aves endêmicas e ameaçadas do centro de endemismo Pernambuco**. Universitária UFPE ed. Recife: [s.n.].

ROSENZWEIG, M. L. Habitat selection and population interactions: the search for mechanism. **The American Naturalist**, v. 137, p. 5–28, 1991.

ROTEBERRY, J. T. The role of habitat in avian community composition: physiognomy or floristics? **Oecologia**, v. 67, n. 2, p. 213–217, set. 1985.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SILVA, J. M. C.; CASTELETTI, C. H. M. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. Em: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.). **Mata Atlântica : biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p. 43–59.

SILVEIRA, L. F. et al. **Xiphorhynchus atlanticus (Cory, 1916)**. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 22 maio. 2023a.

SILVEIRA, L. F. et al. **Momotus momota marcgravianus Pinto & Camargo, 1961**. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 21 dez. 2023b.

SILVEIRA, L. F. et al. **Automolus lammi Zimmer, 1947**. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 29 out. 2023c.

SILVEIRA, L. F. et al. *Pyriglena pernambucensis* Zimmer, 1931. **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE**, 2023d.

SILVEIRA, L. F. et al. **Xenops minutus alagoanus Pinto, 1954**. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br>>. Acesso em: 22 maio. 2023e.

SILVEIRA, L. F.; OLMOS, F.; LONG, A. J. Birds in Atlantic Forest fragments in north-east Brazil Article in Cotinga. **Cotinga**, v. 20, p. 32–46, 2003.

THOMAS, L. et al. **Distance software: Design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size**. **Journal of Applied Ecology**, fev. 2010.

TONETTI, V. R.; PIZO, M. A. Density and microhabitat preference of the Southern Bristle-Tyrant (*Phylloscartes eximius*): Conservation policy implications. **Condor**, v. 118, n. 4, p. 791–803, 1 nov. 2016.

TORRES JUNIOR, E. U. **Conhecimento ecológico e percepção ambiental sobre primata por uma comunidade rural no entorno da Reserva Particular do Patrimônio Natural Engenho Gargaú, Paraíba – Brasil**. [s.l.] Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Monitoramento Ambiental, 2015.

TRAILL, L. W. et al. Pragmatic population viability targets in a rapidly changing world. **Biological Conservation**, v. 143, n. 1, p. 28–34, jan. 2010.

3.1 FIGURAS

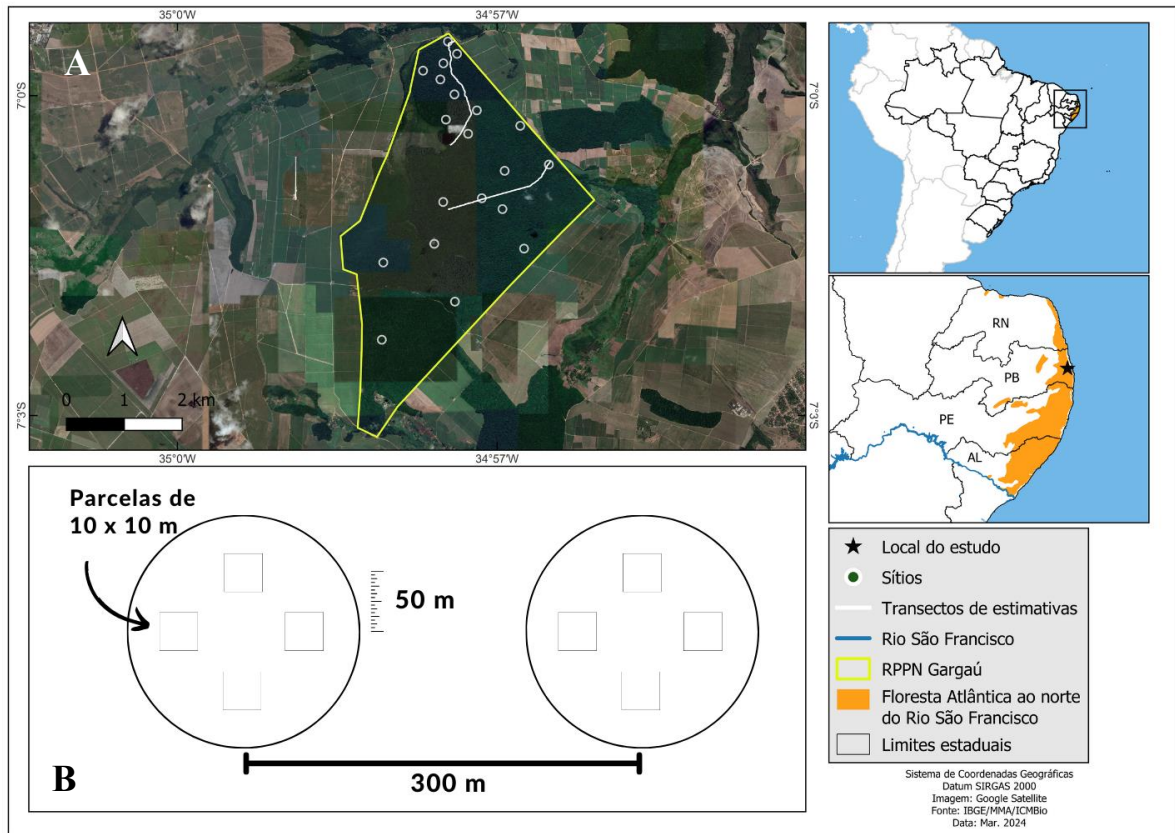


Figura 1. Área de estudo sobre ocupação e densidade populacional das aves ameaçadas da Mata Atlântica, nordeste do Brasil. (A) Vista aérea da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Engenho Gargaú, Santa Rita, PB, com os sítios e transectos amostrados. (B) Esquema do desenho de amostragem utilizado.

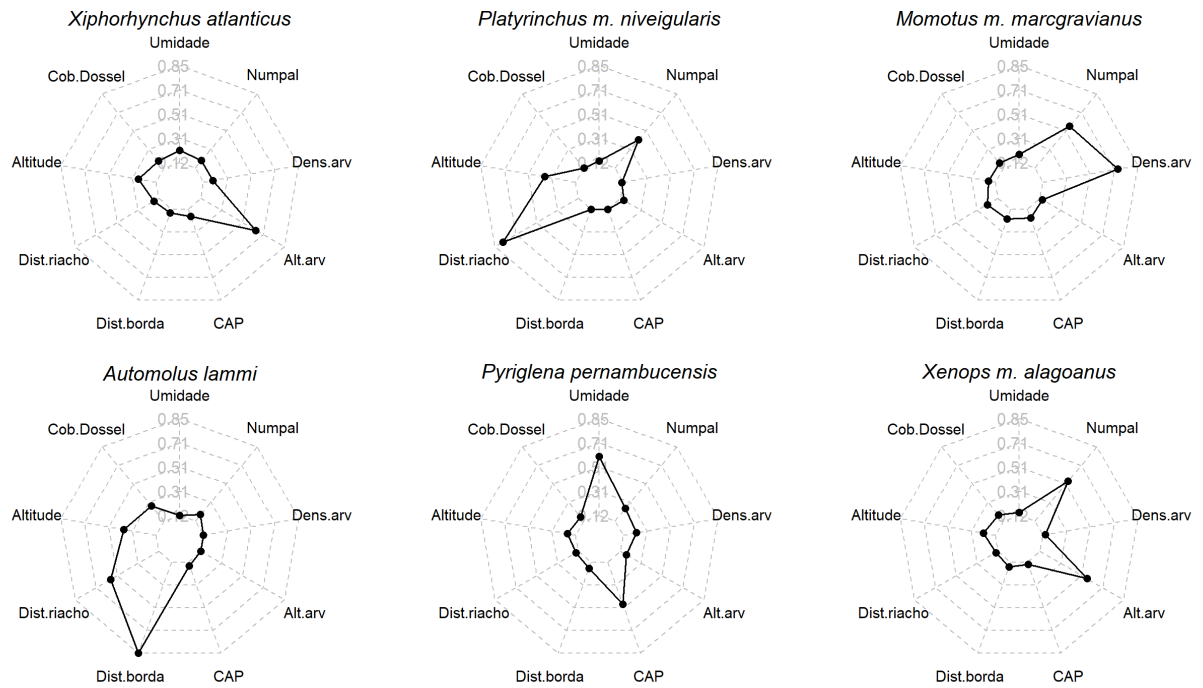


Figura 2. Peso acumulado (w_+) das variáveis de habitat mais importantes na modelagem de ocupação de aves ameaçadas de um fragmento de Mata Atlântica, nordeste do Brasil. Cob.Dossel = cobertura de dossel; Numpal = número de palmeiras de sub-bosque; Dens.arv = densidade de árvores; Alt.arv = altura das árvores; CAP = circunferência altura do peito; Dist.borda = distância da borda; Dist.riacho = distância de riachos.

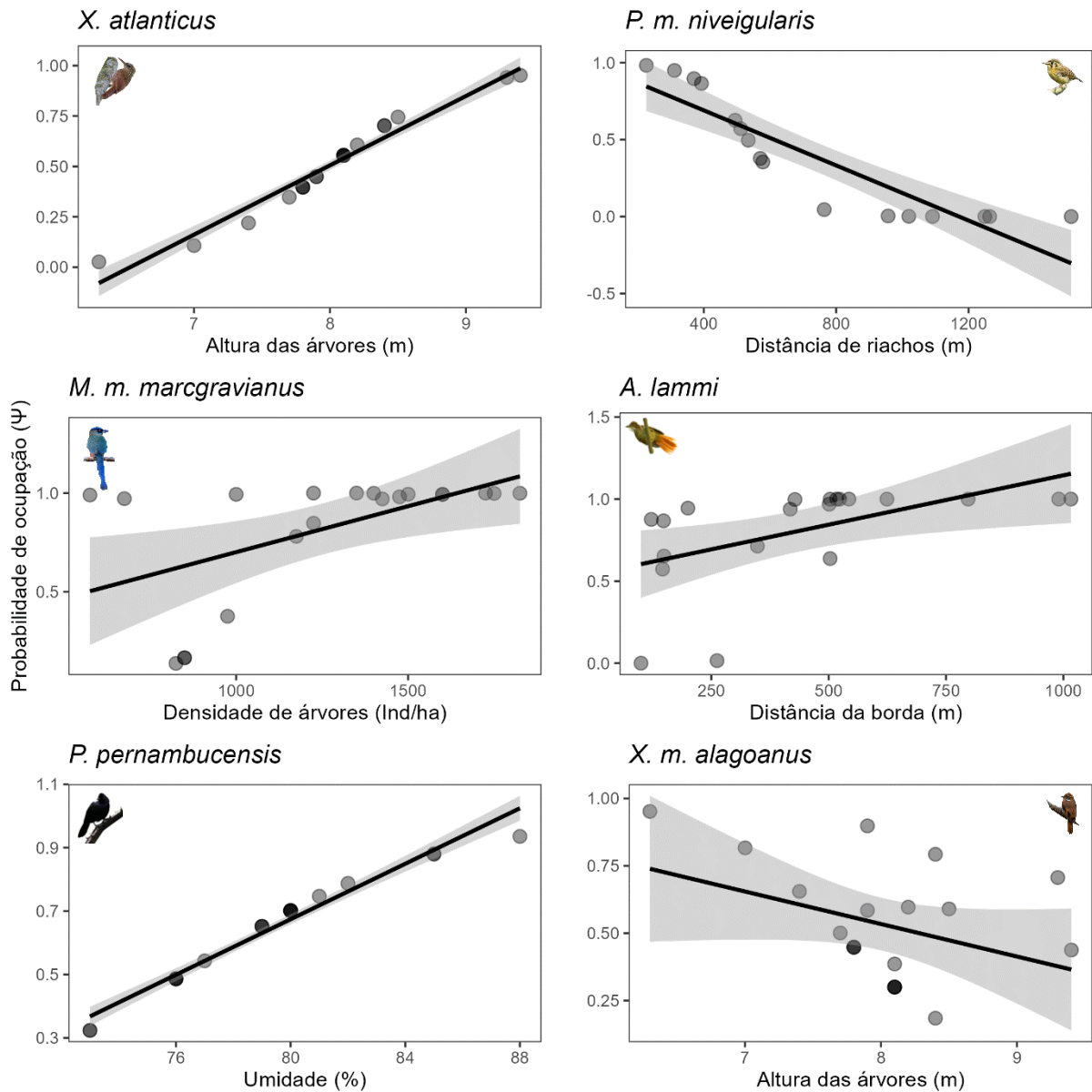


Figura 3. Probabilidade de ocupação das aves ameaçadas de um fragmento de Mata Atlântica, nordeste do Brasil, com relação as respectivas variáveis do habitat que apresentaram maiores pesos acumulados nos modelos e regressão linear.

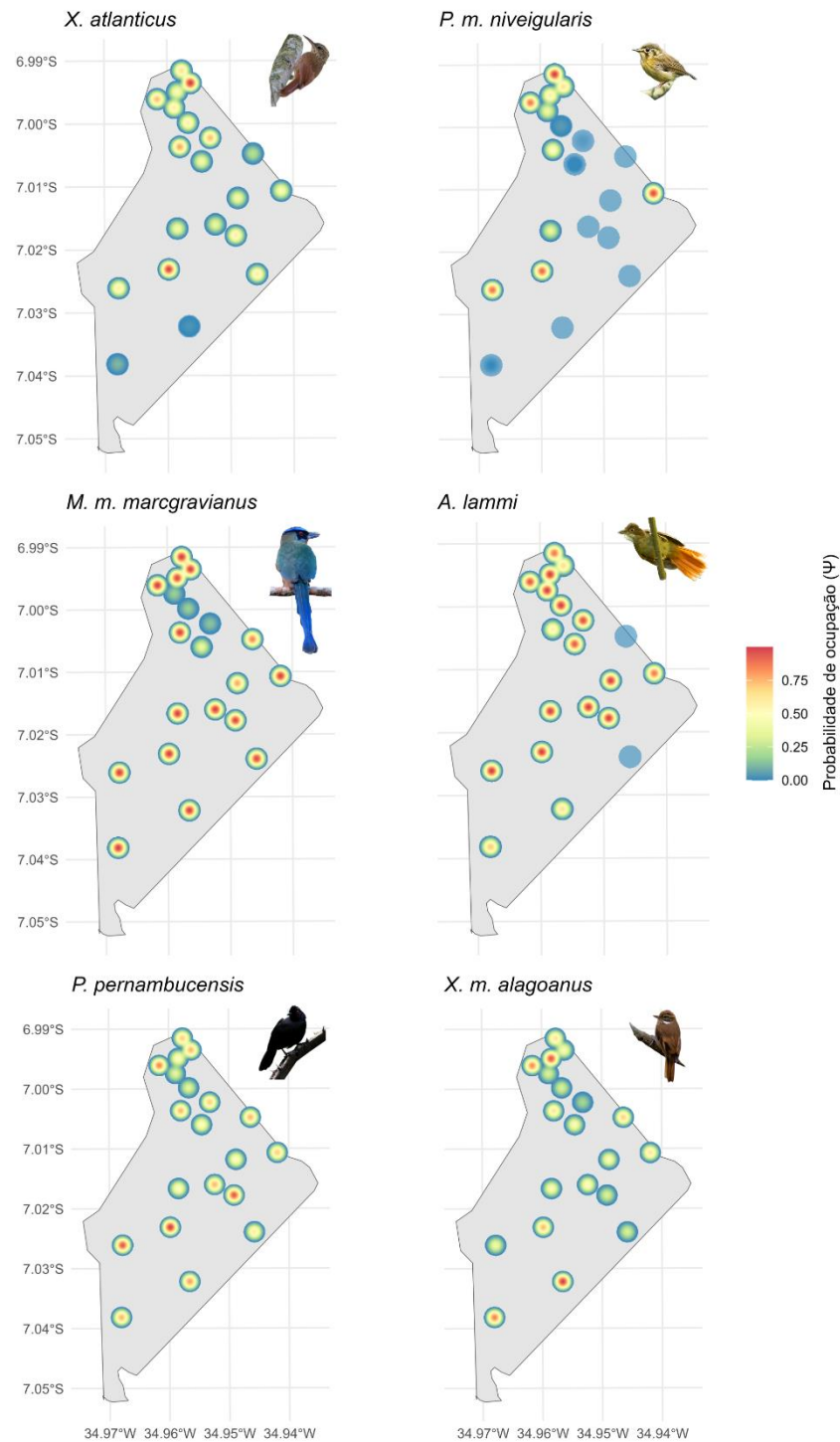


Figura 4. Probabilidade estimada de ocupação nos sítios de amostragem, das aves ameaçadas de um fragmento de Mata Atlântica, nordeste do Brasil, com relação as respectivas variáveis do habitat que apresentaram maiores pesos acumulados nos modelos. O centro do buffer é a área de amostragem e a periferia corresponde à estimativa usando a função de densidade Kernel com raio de 200 m.

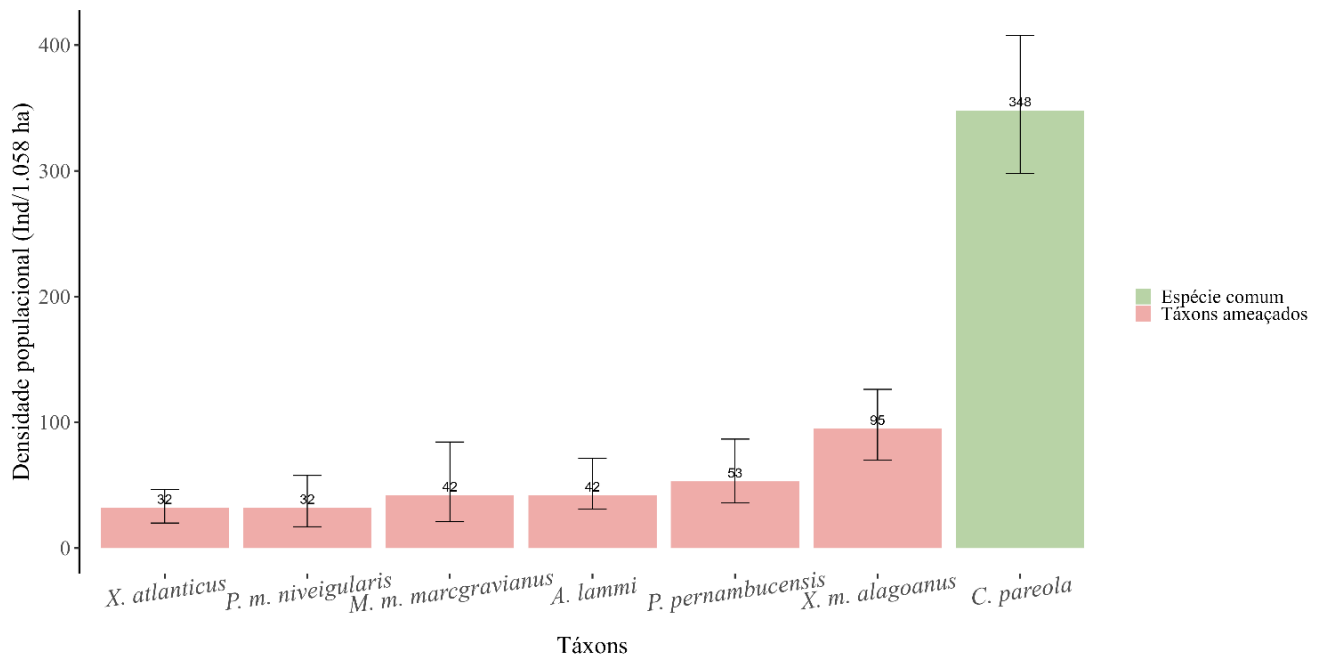


Figura 5. Estimativa de densidade populacional e barras de intervalo de confiança de 95%, dos seis táxons ameaçados de extinção e uma espécie comum em um fragmento florestal na porção da floresta atlântica localizada ao norte do rio São Francisco.

3.2 TABELAS

Tabela 1. Modelos de ocupação com $\Delta AICc < 2$, para os táxons do estudo, durante um *season* (setembro de 2022 a fevereiro de 2023), sob o efeito de nove variáveis do habitat, na RPPN Gargáú.

Táxons /Modelos	AICc	$\Delta AICc$	w_i	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
<i>Xiphorhynchus atlanticus</i>						
$\Psi(\text{alt.árvores}) + p(\text{constante})$	84,21	0	0,11193	1	3	76,71
$\Psi(\text{alt.árvores} + \text{DAha}) + p(\text{constante})$	86,0724	1,8624	0,04411	0,3941	4	75,4058
<i>Platyrinchus mystaceus niveigularis</i>						
$\Psi(\text{dist.riacho}) + p(\text{constante})$	51,3884	0	0,12592	1	3	43,3884
$\Psi(\text{altitude} + \text{dist.riacho} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	51,9793	0,5909	0,09371	0,7442	5	35,9793
$\Psi(\text{altitude} + \text{dist.riacho}) + p(\text{constante})$	52,9962	1,6078	0,05636	0,4476	4	41,3598
$\Psi(\text{dist.riacho} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	53,2655	1,8771	0,04926	0,3912	4	41,6292
<i>Momotus momota marcgravianus</i>						
$\Psi(\text{Daha} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	122,8726	0	0,0931	1	4	112,2059
$\Psi(\text{dist.borda} + \text{Daha} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	124,1755	1,3029	0,04853	0,5213	5	109,8898
$\Psi(\text{CAP} + \text{Daha} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	124,3625	1,4899	0,0442	0,4748	5	110,0767
$\Psi(\text{alt.árvores} + \text{Daha} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	124,4062	1,5336	0,04324	0,4645	5	110,1204
$\Psi(\text{Daha}) + p(\text{constante})$	124,5256	1,653	0,04074	0,4376	3	117,0256
$\Psi(\text{dist.riacho} + \text{Daha} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	124,7784	1,9058	0,0359	0,3856	5	110,4927
<i>Automolus lammi</i>						
$\Psi(\text{dist.borda} + \text{dist.riacho}) + p(\text{constante})$	127,2415	0	0,12845	1	4	116,5748
$\Psi(\text{altitude} + \text{dist.borda}) + p(\text{constante})$	128,2112	0,9697	0,0791	0,6158	4	117,5445
$\Psi(\text{cob.dossel} + \text{dist.riacho} + \text{dist.borda}) + p(\text{constante})$	128,8855	1,644	0,05646	0,4395	4	114,5997
<i>Pyriglena pernambucensis</i>						
$\Psi(\text{umid}) + p(\text{constante})$	104,2002	0	0,07694	1	3	96,7002
$\Psi(\text{umid} + \text{CAP}) + p(\text{constante})$	104,7843	0,5841	0,05745	0,7467	4	94,1176
$\Psi(\text{CAP}) + p(\text{constante})$	105,0644	0,8642	0,04994	0,6491	3	97,5644
$\Psi(\text{CAP} + \text{DAha}) + p(\text{constante})$	105,7261	1,5259	0,03588	0,4663	4	95,0594
$\Psi(\text{umid} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	105,9155	1,7153	0,03263	0,4241	4	95,2488
<i>Xenops minutus alagoanus</i>						
$\Psi(\text{alt.árvores} + \text{Numpal}) + p(\text{constante})$	96,4952	0	0,12092	1	4	85,8285
$\Psi(\text{constante}) + p(\text{constante})$	97,8001	1,3049	0,06297	0,5208	2	93,0942

Legenda: probabilidade de ocupação (Ψ); detectabilidade (p); nenhum efeito de covariável em $\Psi(\text{constante})$ ou $p(\text{constante})$; Critério de Informação de Akaike corrigido (AICc); diferença do modelo em questão para o melhor modelo ranqueado ($\Delta AICc$); peso do modelo (w_i); número de parâmetros (Num. par); umid: umidade; dist.riacho: distância para riacho; dist.borda: distância para borda; alt.árvores: altura média das árvores; Numpal: número de palmeiras de sub-bosque; DAha: densidade de árvores; CAP: circunferencia altura do peito das árvores > 10 cm; cob.dossel: cobertura de dossel.

Tabela 2. Resultado da seleção de modelos de estimativa de densidade populacional (D/15 réplicas) com $\Delta AIC < 2$, utilizando abordagem de amostragem por distancias, para os táxons ameaçados do estudo e espécie comum (balizamento de referência), durante o período entre setembro de 2022 a janeiro de 2023, na RPPN Gargaú. Os melhores modelos foram selecionados pelo menor AIC, avaliando o valor do coeficiente de variação da densidade (dCV) e a probabilidade do teste de ajuste de Kolmogorov-Smirnov (GOF K-S p). Demonstramos os limites de confiança inferior (LCL) e superior (UCL) de 95%. Essas estimativas foram obtidas agrupando 15 réplicas de transectos, sem correção (D).

Táxons/Modelos	ΔAIC	AIC	D	D/15 repl.	LCL	UCL	dCV	GOF K-S p
Ceara Woodcreeper (<i>Xiphorhynchus atlanticus</i>)								
Uniform Cosine	0,0	147,06	0,43	0,03	0,28	0,66	0,20	0,18
Half-normal Cosine	2,0	149,06	0,43	0,03	0,24	0,77	0,29	0,18
Hazard-rate Cosine	4,0	151,06	0,43	0,03	0,28	0,66	0,20	0,18
White-throated Spadebill (<i>Platyrinchus mystaceus niveigularis</i>)								
Uniform Cosine	0,00	144,95	0,45	0,03	0,24	0,82	0,29	0,69
Half-normal Cosine	2,00	146,96	0,45	0,03	0,22	0,91	0,36	0,69
Amazonian Motmot (<i>Momotus momota maracgravianus</i>)								
Uniform Cosine	0,00	152,10	0,60	0,04	0,30	1,20	0,34	0,61
Half-normal Hermite polynomial	0,47	152,57	0,58	0,04	0,28	1,16	0,35	0,72
Uniform Hermite polynomial	1,40	153,49	0,50	0,03	0,26	0,98	0,33	0,41
Hazard-rate Hermite polynomial	1,54	153,94	0,55	0,04	0,26	1,16	0,37	0,77
Pernambuco Foliage-gleaner (<i>Automolus lammi</i>)								
Uniform Cosine	0,00	196,91	0,78	0,05	0,50	1,23	0,22	0,77
Half-normal Cosine	0,09	197,01	0,75	0,05	0,47	1,20	0,23	0,82
Uniform Hermite polynomial	0,69	197,60	0,67	0,04	0,45	1,01	0,20	0,89
Hazard-rate Cosine	1,64	198,55	0,67	0,04	0,42	1,07	0,23	0,91
Pernambuco Fire-eye (<i>Pyriglena pernambucensis</i>)								
Uniform Cosine	0,00	213,30	0,79	0,05	0,51	1,23	0,22	0,83
Half-normal Cosine	0,33	213,63	0,77	0,05	0,48	1,24	0,23	0,83
Uniform Hermite polynomial	1,66	214,96	0,79	0,05	0,50	1,26	0,23	0,83
Hazard-rate Cosine	2,00	215,31	0,71	0,05	0,43	1,16	0,25	0,83
Slender-billed Xenops (<i>Xenops minutus alagoanus</i>)								
Uniform Cosine	0,00	476,45	1,33	0,09	0,99	1,79	0,14	0,91
Uniform Simple polynomial	0,79	477,23	1,18	0,08	0,90	1,55	0,13	0,77
Half-normal Cosine	0,12	476,57	1,28	0,09	0,94	1,73	0,15	0,90
Hazard-rate Simple polynomial	1,66	478,11	1,17	0,08	0,86	1,60	0,15	0,97
Uniform Hermite polynomial	0,79	477,23	1,19	0,08	0,91	1,55	0,13	0,77
Hazard-rate Hermite polynomial	1,66	478,11	1,17	0,08	0,86	1,60	0,15	0,97
Blue-backed Manakin (<i>Chiroxiphia pareola</i>)*								
Hazard-rate Hermite polynomial	0,00	1294,74	4,94	0,33	4,22	5,78	0,08	0,00088

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, sintetizamos informando que a precipitação influencia de forma distinta a detecção de diferentes espécies de aves, incluindo táxons ameaçados, da Mata Atlântica do Nordeste. As espécies observadas vocalizam com mais frequência de forma heterogênea ao longo do ano, onde algumas são detectadas durante todo ano, outras são mais detectadas durante o período mais seco e outras no início do período chuvoso. Recomendamos, portanto, que os trabalhos de registro de espécies de aves ocorram durante o período mais seco e início do período chuvoso na região, a fim de aumentar a probabilidade de detecção do maior número de espécies.

Ressaltamos a importância da continuidade do monitoramento populacional dos táxons ameaçados, o que permitirá acompanhar flutuações populacionais e uma melhor análise da probabilidade de risco de extinção. Em um cenário de alterações ambientais, onde quase quatro milhões de hectares de florestas tropicais foram perdidos na última década e convertidos para diversos tipos de uso do solo, nossos resultados podem servir de apoio para formular estratégias de conservação. Recomendamos medidas como o plantio de mudas de espécies nativas e de estágio tardio no interior da mancha florestal para acelerar o recrutamento, além da criação de corredores ecológicos para mitigar os efeitos da fragmentação florestal. Incentivar a participação da comunidade local em programas de educação ambiental e engajar os residentes na plantação e manutenção de árvores nativas também é fundamental para promover uma melhor qualidade do habitat e conservar a biodiversidade.

REFERÊNCIAS

- AHUMADA, J. A. Comparison of the Reproductive Biology of Two Neotropical Wrens in an Unpredictable Environment in Northeastern Colombia. **The Auk**, v. 118, n. 1, p. 191–210, 1 jan. 2001.
- ANDERSON, A. S. et al. Detectability in audio-visual surveys of tropical rainforest birds: The influence of species, weather and habitat characteristics. **PLoS ONE**, v. 10, n. 6, 25 jun. 2015.
- ANTUNES, A. Z. Diurnal and seasonal variability in bird counts in a forest fragment in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 2, p. 228–237, 2008.
- ARAUJO, H. F. P. et al. Passerine phenology in the largest tropical dry forest of South America: effects of climate and resource availability. **Emu**, v. 117, n. 1, p. 78–91, 2017.
- AZEVEDO, F. C. C. DE et al. Density and habitat use of one of the last jaguar populations of the Brazilian Atlantic Forest: Is there still hope? **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 1, 15 jan. 2022.
- BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, v. 535, n. 7610, p. 144–147, 7 jul. 2016.
- BENCHIMOL, M.; PERES, C. A. Predicting primate local extinctions within “real-world” forest fragments: A pan-neotropical analysis. **American Journal of Primatology**, v. 76, n. 3, p. 289–302, 8 mar. 2014.
- BEST, L. B. **Seasonal changes in detection of individual bird species**. Lawrence: Allen Press, 1981. v. 6
- BHAKTI, T. et al. Does scale matter? The influence of three-level spatial scales on forest bird occurrence in a tropical landscape. **PLOS ONE**, v. 13, n. 6, p. e0198732, 18 jun. 2018.
- BIBBY, C.; MARSDEN, S.; FIELDING, A. H. Bird-habitat studies. In: BIBBY, C.; JONES, M.; MARSDEN, S. (Eds.). **Expedition Field Techniques: Bird Surveys**. UK: Expedition Advisory Centre, 2000. p. 99–114.
- BLAKE, J. G.; LOISELLE, B. A. Variation in resource abundance affects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. **The Auk**, v. 108, n. 1, p. 114–130, 1991.
- BRAWN, J. D. et al. Impacts of changing rainfall regime on the demography of tropical birds. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 2, p. 133–136, 19 fev. 2017.
- BRINKMANN, N. et al. Intensive tropical land use massively shifts soil fungal communities. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 3403, 4 mar. 2019.
- CHIVER, I.; STUTCHBURY, B. J. M.; MORTON, E. S. The function of seasonal song in a tropical resident species, the Red-throated Ant-tanager (*Habia fuscicauda*). **Journal of Ornithology**, v. 156, n. 1, p. 55–63, 1 jan. 2015.

CODY, M. L. Habitat Selection in Birds: The Roles of Vegetation Structure, Competitors, and Productivity. **BioScience**, v. 31, n. 2, p. 107–113, fev. 1981.

DAWSON, A. et al. Photoperiodic Control of Seasonality in Birds. **Journal of Biological Rhythms**, v. 16, n. 4, p. 365–380, 29 ago. 2001.

DOS ANJOS, L. et al. Can habitat specialization patterns of Neotropical birds highlight vulnerable areas for conservation in the Atlantic rainforest, southern Brazil? **Biological Conservation**, v. 188, p. 32–40, ago. 2015.

DUREN, A. M.; WILLIAMS, C. K.; D'AMICO, V. Microhabitat Factors Associated with Occupancy of Songbirds in Suburban Forest Fragments in the Eastern United States. **The American Midland Naturalist**, v. 178, n. 2, p. 189–202, out. 2017.

EDWARDS, D. P. et al. **Conservation of Tropical Forests in the Anthropocene**. Current Biology Cell Press, , 7 out. 2019.

FARIA, D. et al. The breakdown of ecosystem functionality driven by deforestation in a global biodiversity hotspot. **Biological Conservation**, v. 283, p. 110126, jul. 2023.

FRETWELL, S. D.; LUCAS, H. L. On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. **Acta Biotheoretica**, v. 19, n. 1, p. 16–36, mar. 1969.

GAHR, M. How hormone-sensitive are bird songs and what are the underlying mechanisms? **Acta Acustica united with Acustica**, v. 100, n. 4, p. 705–718, 2014.

GAILLARD, J.-M. et al. Habitat–performance relationships: finding the right metric at a given spatial scale. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1550, p. 2255–2265, 27 jul. 2010.

HADDAD, N. M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science Advances**, v. 1, n. 2, 6 mar. 2015.

HANSBAUER, M. M. et al. Microhabitat Selection of three Forest Understory Birds in the Brazilian Atlantic Rainforest. **Biotropica**, v. 42, n. 3, p. 355–362, 19 maio 2010.

ICMBIO. **Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE**. Disponível em: <<https://salve.icmbio.gov.br/>>. Acesso em: 11 set. 2023.

ICMBIO/MMA. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. 1. ed. Brasília: [s.n.]. v. I

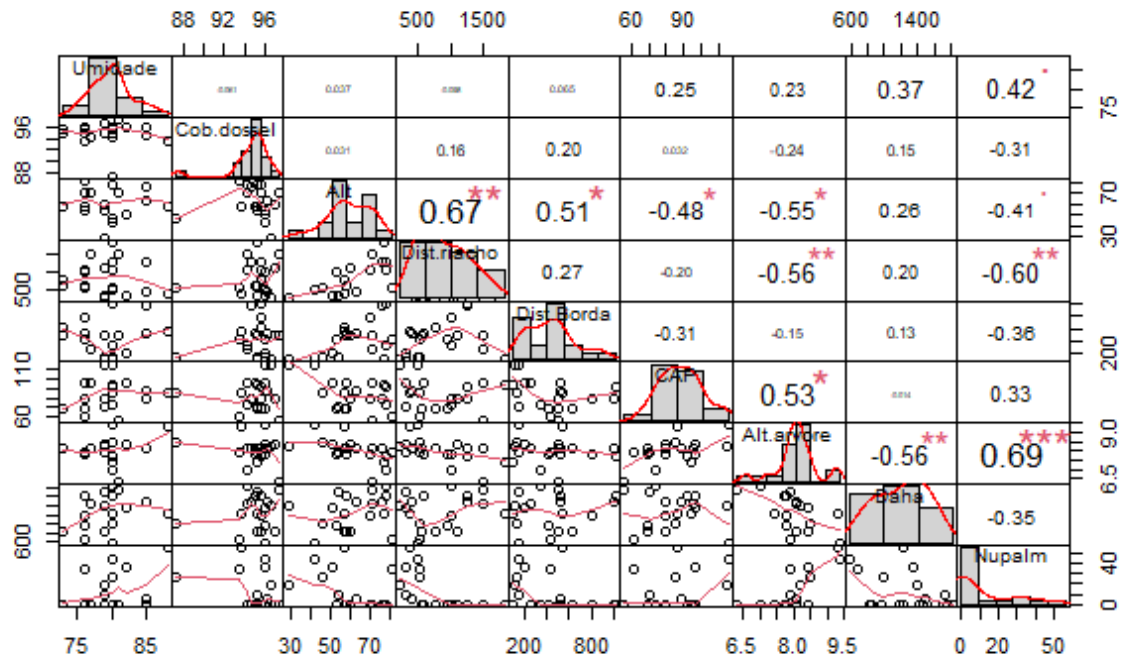
JOHNSON, M. D. Measuring Habitat Quality: A Review. **The Condor**, v. 109, n. 3, p. 489–504, 1 ago. 2007.

JONES, J. Habitat Selection Studies in Avian Ecology: A Critical Review In addition, many nonhabitat-related phenomena influence habitat selection in birds. **Commentary The Auk**, v. 118, n. 2, p. 557–562, 2001.

- KAMINO, L. H. Y. et al. Challenges and perspectives for species distribution modelling in the neotropics. **Biology Letters**, v. 8, n. 3, p. 324–326, 23 jun. 2012.
- KARANTH, K. U.; CHELLAM, R. Carnivore conservation at the crossroads. **Oryx**, v. 43, n. 01, p. 1, 28 jan. 2009.
- KARR, J. R. Seasonality, Resource Availability, and Community Diversity in Tropical Bird Communities. **The American Naturalist**, v. 110, n. 976, p. 973–994, 1976.
- LEES, A. C.; PIMM, S. L. Species, extinct before we know them? **Current Biology**, v. 25, n. 5, p. R177–R180, mar. 2015.
- MELO, F. P. L. et al. On the hope for biodiversity-friendly tropical landscapes. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 28, n. 8, p. 462–468, ago. 2013.
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção Portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>>.
- MOORE, I. T.; BONIER, F.; WINGFIELD, J. C. Reproductive asynchrony and population divergence between two tropical bird populations. **Behavioral Ecology**, v. 16, n. 4, p. 755–762, 1 jul. 2005.
- MORANTE-FILHO, J. C.; BENCHIMOL, M.; FARIA, D. Landscape composition is the strongest determinant of bird occupancy patterns in tropical forest patches. **Landscape Ecology**, v. 36, n. 1, p. 105–117, 24 jan. 2021.
- OSBORNE, P. L. **Tropical Ecosystems and Ecological Concepts**. [s.l.] Cambridge University Press, 2012.
- PARKER III, T. A. On the use of tape recorders in avifaunal surveys. **The Auk**, v. 108, n. 2, p. 443–444, 1991.
- PEREIRA, G. A. et al. Status of the globally threatened forest birds of northeast Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia (São Paulo)**, v. 54, n. 14, p. 177–194, 2014.
- PERES, C. A. Primate Responses to Phenological Changes in an Amazonian Terra Firme Forest. **Biotropica**, v. 26, n. 1, p. 98, mar. 1994.
- PÉREZ-GRANADOS, C.; SCHUCHMANN, K. L. Seasonal Climate Impacts on Vocal Activity in Two Neotropical Nonpasserines. **Diversity**, v. 13, n. 7, p. 319, 14 jul. 2021.
- POULIN, B.; LEFEBVRE, G.; MCNEIL, R. Tropical Avian Phenology in Relation to Abundance and Exploitation of Food Resources. **Ecology**, v. 73, n. 6, p. 2295–2309, dez. 1992.
- PÜTTKER, T. et al. Indirect effects of habitat loss via habitat fragmentation: A cross-taxa analysis of forest-dependent species. **Biological Conservation**, v. 241, p. 108368, jan. 2020.

- RIBEIRO, M. C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, jun. 2009.
- RICKLEFS, R. E. **The economy of nature: a textbook in basic ecology**. 3. ed. New York: W.H. Freeman, 1993.
- RODA, S. A.; PEREIRA, G. A.; ALBANO, C. **Conservação de aves endêmicas e ameaçadas do centro de endemismo Pernambuco**. Universitária UFPE ed. Recife: [s.n.].
- ROSENZWEIG, M. L. Habitat selection and population interactions: the search for mechanism. **The American Naturalist**, v. 137, p. 5–28, 1991.
- ROTENBERRY, J. T. The role of habitat in avian community composition: physiognomy or floristics? **Oecologia**, v. 67, n. 2, p. 213–217, set. 1985.
- SILVA, J. M. C.; CASTELETTI, C. H. M. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Eds.). **Mata Atlântica : biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p. 43–59.
- SILVEIRA, L. F.; OLMOS, F.; LONG, A. J. Birds in Atlantic Forest fragments in north-east Brazil Article in Cotinga. **Cotinga**, v. 20, p. 32–46, 2003.
- THOMAS, J. P. et al. Site occupancy of little brown bats (*Myotis lucifugus*) in response to salvage logging in the boreal forest. **Forest Ecology and Management**, v. 451, p. 117501, nov. 2019.
- TONETTI, V. R.; PIZO, M. A. Density and microhabitat preference of the Southern Bristle-Tyrant (*Phylloscartes eximius*): Conservation policy implications. **Condor**, v. 118, n. 4, p. 791–803, 1 nov. 2016.
- VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 24, n. 1, p. 353–377, nov. 1993.
- VASCONCELLOS, A. et al. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 471–476, 2010.
- VOKURKOVÁ, J. et al. Seasonality of vocal activity of a bird community in an Afrotropical lowland rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 34, n. 1, p. 53–64, 1 jan. 2018.
- WOLDA, H. Seasonality of Tropical Insects. **The Journal of Animal Ecology**, v. 49, n. 1, p. 277, fev. 1980.

APÊNDICE A - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS DO HABITAT



Teste de autocorrelação para evitar a sobreparametrização nos modelos. Utilizamos uma matriz de correlação de *spearman* calculada na versão do programa R 4.2.3. Todas as variáveis apresentaram valores de correlação baixos e não significativos ($r < 0.7$).

Inserção das Normas da Revista ao qual o artigo foi ou será submetido

Diretrizes aos autores da revista Zoologia

Author Guidelines

Main Text

Title: The title should be written in sentence case (only scientific names, geographic locations, or other proper nouns should be capitalized, i.e. *Elater ferrugineus* L., Germany, etc.), and should include an accurate, clear and concise description of the reported work, avoiding abbreviations.

Authors and Affiliations: Provide the complete names of all authors, and their addresses for correspondence, including e.g., institutional affiliation (e.g. university, institute), location (street, boulevard), city, state/province (if applicable), and country. One of the authors should be designated as the corresponding author. It is the corresponding author's responsibility to ensure that the author list, and the individual contributions to the study are accurate and complete. If the article has been submitted on behalf of a consortium, all consortium members and their affiliations should be listed after the Acknowledgements section.

Abstract and Key Words: Please have your abstract and key words ready for input into the submission module. Key words should be in alphabetical order and ideally differ from the words used in the title. The abstract should include the following sections: introduction (stating the problem and the purpose of the study), very concise methods, results, and conclusion. The abstract should be informative (without general words), original, factual (provide a summary of the content of the article and key results of the study), written in good English, concise (between 200 and 250 words). It should be followed by up to 6–8 key words that convey the main meaning of the article.

Body Text: All papers should be in grammatically correct English. Non-native English speaking authors are required to have their manuscripts checked by a native English speaker or professional English-language editor prior to submission. Use either British/Commonwealth or American English provided that the language is consistent within the paper. A manuscript must be written with precision, clarity, and economy. The voice - active or passive - and the tense used should be consistent throughout the manuscript. Avoid the use of parenthetical comments and italics or bold for emphasis. This journal discourages the use of quotation marks except for direct quotations, words defined by the author, and words used in unusual contexts. Short quotations should be embedded in the text and enclosed in double quotation marks (""). Long quotations should be on a separate line, italicized, but without quotation marks. Single quotation marks are to be used only for a quotation that occurs within another quotation.

Spacing, Fonts, and Page Numbering: Single-space all material (text, quotations, figure legends, tables, references, etc.). Separate paragraphs with a blank line. Use a 12-point font (preferably Times New Roman or Arial).

Capitals: First capital letters should be used only in the beginning of a sentence, in proper names and in headings and subheadings, as well as to indicate tables, graphs and figure/s within the text. Software programmes should be written with capital letters (e.g., ANOVA, MANOVA, PAUP).

Italicization/Underlining: Scientific names of species and genera, long direct quotations and symbols for variables and constants (except for Greek letters), such as *p*, *F*, *U*, *T*, *N*, *r*, but not for *SD* (standard deviation), *SE* (standard error), *DF* (degrees of freedom) and *NS* (non significant) should be italicized. These symbols in illustrations and equations should be in italics

to match the text. Italics should not be used for emphasis, and not in abbreviations such as e.g., i.e., et al., etc., cf. Underlining of any text is not acceptable.

Abbreviations: Abbreviations should be followed by '.' (full stop or period; for instance: i.e., e.g., cf., etc.). Note that you shouldn't add a full stop at the end of abbreviated words if the last letter of the abbreviation is the same as the last letter of the full word. For example, you should abbreviate "Eds", "Dr", "Mr" without full stop at the end. All measures, for instance mm, cm, m, s, L, should be written without full stop.

On the use of dashes: (1) Hyphens are used to link words such as personal names, some prefixes and compound adjectives (the last of which vary depending on the style manual in use) (2) En-dash or en-rule (the length of an 'n') is used to link spans. In the context of our journal en-dash should be used to link numerals, sizes, dates and page numbers (e.g., 1977–1981; figs 5–7; pp. 237–258); geographic or name associations (Murray–Darling River; a Federal–State agreement); and character states combinations such as long–pubescent or red–purple. (3) Em-dash or em-rule (the length of an 'm') should be used rarely, only for introducing a subordinate clause in the text that is often used much as we use parentheses. In contrast to parentheses an em-dash can be used alone. En-dashes and em-dashes should not be spaced.

Footnotes: Avoid footnotes in the body text of the manuscript. It is always possible to incorporate the footnote into the main text by rewording the sentences, which greatly facilitates reading. Additionally, footnotes are not always handled well by software, and their usage may cause failures in the text processing.

Geographical coordinates: It is strongly recommended to list geographical coordinates as taken from GPS or online gazetteer, or georeferencer. Geographical coordinates must be listed in one of the following formats:

Definition: The locality consists of a point represented by coordinate information in the form of latitude and longitude. Information may be in the form of

- Degrees, Minutes and Seconds (DMS),
- Degrees and Decimal Minutes (DDM), or
- Decimal Degrees (DD).

Records should also contain a hemisphere (E or W and N or S) or, with Decimal Degrees, minus (–) signs to indicate western and/or southern hemispheres.

Examples:

- Example 1: 36°31'21"N; 114°09'50"W (DMS)
- Example 2: 36°31.46'N; 114°09.84'W (DDM)
- Example 3: 36.5243°S; 114.1641°W (DD)
- Example 4: –36.5243; –114.1641 (DD using minus signs to indicate southern and western hemispheres)

Note on accuracy: Because GPS units are very commonly used today to record latitude/longitude, many authors simply give the GPS readings for their localities. However, these readings are much too accurate. For example, a GPS unit might give the latitude in decimal seconds as 28°16'55.87"N. Since one second of latitude is about 30 m on the ground, the second figure after the decimal in 55.87 represents 30 cm, yet a typical handheld GPS unit is only accurate at best to a few metres.

We therefore recommend two ways to report GPS-based locations. If you give the GPS reading without rounding off, make sure you include an uncertainty figure as a context for the over-accurate GPS reading. We recommend the Darwin Core definition of uncertainty (<http://rs.tdwg.org/dwc/terms/index.htm#coordinateUncertaintyInMeters>):

"The horizontal distance (in meters) from the given decimalLatitude and decimalLongitude describing the smallest circle containing the whole of the Location."

If you only give the GPS reading, please round it off to an implied precision appropriate to the error in the measurement, or to the extent of the area sampled. We suggest rounding off

- to the nearest second in degree-minute-second format (28°16'56"N), which implies roughly $\pm 25\text{-}30$ m at middle latitudes;
- to four decimal places in decimal degree format (28.2822°N), which implies roughly $\pm 10\text{-}15$ m at middle latitudes;
- to two decimal places in decimal minute format (28°16.93'N), which implies roughly 15-20 m at middle latitudes.

Altitude: Many GPS users simply record the elevation given by their GPS unit. However, GPS elevation is NOT the same as elevation above sea level. GPS units record the elevation above a mathematical model of the earth's surface. The difference between this elevation and elevation above sea level can be tens of metres. In any case, the accuracy of a GPS elevation is often the same as the usual accuracy in horizontal position, so a GPS elevation such as '753 m' is much too accurate and should be rounded off to 'ca 750 m'.

We strongly recommend the use of Example 2 (the DDM format). The other three are also possible but will be recalculated to DDM during the process of online mapping from the HTML version of the paper.

The only restriction on format is in creating a KML (Keyhole Markup Language) file. KML latitudes and longitudes must be in the DD format shown above in Example 4.

Please also consider submitting a table of localities with your manuscript, either as a spreadsheet or in CSV text format. By doing so you will make your specimen localities much more easily available for use in biodiversity databases and geospatial investigations. The geospatial table will be put online as supplementary material for your paper. A minimum table will have three fields: species (or subspecies) name, latitude and longitude. A full table will have the same data for each specimen lot as appears in the text of your paper. Please check latitude/longitude carefully for each entry.

Units: Use the International System of Units (SI) for measurements. Consult Standard Practice for Use of the International System of Units (ASTM Standard E-380-93) for guidance on unit conversions, style, and usage.

Statistics: Use leading zeroes with all numbers, including probability values (e.g., $P < 0.001$). For every significant F-statistic reported, provide two df values (numerator and denominator). Whenever possible, indicate the year and version of the statistical software used.

Web (HTML) links: Authors are encouraged to include links to other Internet resources in their article. This is especially encouraged in the reference section. When inserting a reference to a web-page, please include the <http://> portion of the web address.

Supplementary files: Larger datasets can be uploaded separately as Supplementary Files. Tabular data provided as supplementary files can be uploaded as an Excel spreadsheet (.xls), as an OpenOffice spreadsheets (.ods) or comma separated values file (.csv). As with all uploaded files, please use the standard file extensions.

Headings and subheadings: Main headings: The body text should be subdivided into different sections with appropriate headings. Where possible, the following standard headings should be used: Introduction, Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References. These headings need to be in bold font on a separate line and start with a first capital letter. Please do not number headings or subheadings.

- **Introduction** – The motivation or purpose of your research should appear in the Introduction, where you state the questions you sought to answer, and then provide some of the historical basis for those questions.
- **Methods** – Provide sufficient information to allow someone to repeat your work. A clear description of your experimental design, sampling procedures, and statistical procedures is especially important in papers describing field studies, simulations, or experiments. If you list a product (e.g., animal food, analytical device), supply the name and location of the manufacturer. Give the model number for equipment used. Supply

complete citations, including author (or editor), title, year, publisher, and version number, for computer software mentioned in your article.

- **Results** – Results should be stated concisely and without interpretation.
- **Discussion** – Focus on the rigorously supported aspects of your study. Carefully differentiate the results of your study from data obtained from other sources. Interpret your results, relate them to the results of previous research, and discuss the implications of your results or interpretations. Point out results that do not support speculations or the findings of previous research, or that are counter-intuitive. You may choose to include a Speculation subsection in which you pursue new ideas suggested by your research, compare and contrast your research with findings from other systems or other disciplines, pose new questions that are suggested by the results of your study, and suggest ways of answering these new questions.
- **Conclusion** – This should state clearly the main conclusions of the research and give a clear explanation of their importance and relevance. Summary illustrations may be included.
- **References** – The list of References should be included after the final section of the main article body. A blank line should be inserted between single-spaced entries in the list. Authors are requested to include DOIs and/or links to online sources of articles, whenever possible!

Where possible, the standard headings should be used in the order given above. Additional headings and modifications are permissible.

Subordinate headings: Subordinate headings (e.g. Field study and Simulation model or Counts, Measurements and Molecular analysis), should be left-justified, italicized, and in a regular sentence case. All subordinate headings should be on a separate line.

Citations and References

Citations within the text: Before submitting the manuscript, please check each citation in the text against the References and vice-versa to ensure that they match exactly.

Citations in the text should be formatted as follows:

One author: Smith (1990) or (Smith 1990)

Note: The citations format depends on the way it is incorporated within the article's text:

Example:

1. According to Smith (1990), these findings...
2. These findings have been first reported in the beginning of the nineties (Smith 1990).

Two authors: Brock and Gunderson (2001) or (Brock and Gunderson 2001)

Note: When choosing between formats refer back to examples above.

Three or more authors: Smith et al. (1998) or (Smith et al. 1998)

Note: When choosing between formats refer back to examples above.

When citing more than one source, in-text citations should be ordered by the year of publication, starting with the earliest one:

(Smith et al. 1998, 2000, 2016; Brock and Gunderson 2001; Felt 2006).

Note: When you have a few citations from the same author but from different years (such as the case with Smith et al. above), the first year is taken into consideration when ordering the sources (in this case 1998, which is why Smith et al. come first in the list).

When having two or more fully identical citations (this can happen when you have more than one reference with exactly the same authors and years for one or two authors, or the same first author and year for author teams of three or more), the references are distinguished by adding

the letters 'a', 'b', 'c', etc. after the years and this marking is followed in the in-text citations, respectively:

(Reyes-Velasco et al. 2018a, 2018b)

Authorship references for species should include a ", " between author and year:

Brianmyia stuckenbergi Woodley, 2012.

References: It is important to format the references properly, because all references will be linked electronically as completely as possible to the papers cited. It is desirable to add a DOI (digital object identifier) number for either the full-text or title and abstract of the article as an addition to traditional volume and page numbers. If a DOI is lacking, it is recommended to add a link to any online source of an article.

List all authors cited in the References. For multiauthored papers, give all author names in full; the abbreviation "et al." is only allowed in the text. All journal titles should be spelled out completely and should not be italicized. Ensure that the References are complete and arranged according to name and year of publication. Personal communications and submitted manuscripts should be listed as unpublished results in the text and not listed in the References section.

Please use the following style for the reference list (or download the Pensoft EndNote style): here. It is also available in Zotero, when searched by journal name.

Published Papers: Polaszek A, Alonso-Zarazaga M, Bouchet P, Brothers DJ, Evenhuis NL, Krell FT, Lyal CHC, Minelli A, Pyle RL, Robinson N, Thompson FC, van Tol J (2005) ZooBank: The open-access register for zoological taxonomy: Technical Discussion Paper. *Bulletin of Zoological Nomenclature* 62: 210–220.

Accepted Papers: Same as above, but "in press" appears instead the year in parentheses.

Electronic Journal Articles: Mallet J, Willmott K (2002) Taxonomy: Renaissance or Tower of Babel? *Trends in Ecology and Evolution* 18(2): 57–59. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)00061-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)00061-7)

Paper within conference proceedings: Orr AG (2006) Odonata in Bornean tropical rain forest formations: Diversity, endemism and applications for conservation management. In: Cordero Rivera A (Ed.) *Forest and Dragonflies. Fourth WDA International Symposium of Odonatology*, Pontevedra (Spain), July 2005. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 51–78.

Book chapters: Mayr E (2000) The biological species concept. In: Wheeler QD, Meier R (Eds) *Species Concepts and Phylogenetic Theory: A Debate*. Columbia University Press, New York, 17–29.

Books: Goix N, Klimaszewski J (2007) *Catalogue of Aleocharine Rove Beetles of Canada and Alaska*. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow, 166 pp.

Book with institutional author: International Commission on Zoological Nomenclature (1999) *International code of zoological nomenclature. Fourth Edition*. The International Trust for Zoological Nomenclature, London.

PhD thesis: Dalebout ML (2002) Species identity, genetic diversity and molecular systematic relationships among the Ziphiidae (beaked whales). PhD Thesis, University of Auckland, Auckland, New Zealand.

Link/URL: BBC News: Island leopard deemed new species <http://news.bbc.co.uk/>

Citations of Public Resource Databases: It is highly recommended all appropriate datasets, images, and information to be deposited in public resources. Please provide the relevant accession numbers (and version numbers, if appropriate). Accession numbers should be provided in parentheses after the entity on first use. Examples of such databases include, but are not limited to:

- ZooBank (www.zoobank.org)
- Morphbank (www.morphbank.net)
- Genbank (www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank)

- BOLD (www.barcodinglife.org)

Providing accession numbers to data records stored in global data aggregators allows us to link your article to established databases, thus integrating it with a broader collection of scientific information. Please hyperlink all accession numbers through the text or list them directly after the References in the online submission manuscript.

All journal titles should be spelled out completely and should NOT be italicized.

Provide the publisher's name and location when you cite symposia or conference proceedings; distinguish between the conference date and the publication date if both are given. Do not list abstracts or unpublished material in the References. They should be quoted in the text as personal observations, personal communications, or unpublished data, specifying the exact source, with date if possible. When possible, include URLs for articles available online through library subscription or individual journal subscription, or through large international archives, indexes and aggregators, e.g., PubMedCentral, Scopus, CAB Abstracts, etc. URLs for pdf articles that are posted on personal websites only should be avoided.

Authors are encouraged to cite in the References list the publications of the original descriptions of the taxa treated in their manuscript.

Ordering references: All references should be ordered alphabetically by author name (but see below).

If the references have the same first author and a varying number of co-authors, the ordering should be based on the number of co-authors starting with the lowest; all articles with the same first author and two or more co-authors (thus cited as et al. in the text) should be listed chronologically, as follows:

Smith J (2018) Article Title. Journal Name 1: 1–10. <https://doi.org/10.3897>

Smith J, Gunderson A (2017) Article Title. Journal Name 1: 10–20. <https://doi.org/10.3897>

Smith J, Gunderson A, Brock B (2011) Article Title. Journal Name 1: 20–30. <https://doi.org/10.3897>

Smith J, Brock B, Gutierrez R, Gunderson A (2013) Article Title. Journal Name 1: 15–30. <https://doi.org/10.3897>

Smith J, Brock B, Gunderson A (2015) Article Title. Journal Name 1: 10–30. <https://doi.org/10.3897>

If both the first author and year of publication match within the categories above, the references are distinguished by adding the letters 'a', 'b', 'c', etc. after the year of publication and this marking is followed in the in-text citations, respectively.

Illustrations, Figures and Tables

Figures and illustrations are accepted in the following image file formats:

- EPS (preferred format for diagrams)
- TIFF (at least 300dpi resolution, with LZW compression)
- PNG (preferred format for photos or images)
- JPEG (preferred format for photos or images)
- GIF
- BMP
- SVG

Vector files in any of the following formats EPS, SVG or PDF are requested for phylogenetic trees and cladograms.

The journal is printed in B5 paper size with the maximum printing area of 128 mm × 199 mm. Whenever possible, individual figures should be prepared as composite figures.

Should you have any problems in providing the figures in one of the above formats, or in reducing the file below 20 MB, please contact the Editorial Office at journals@pensoft.net

Figure legends: All figures should be referenced consecutively in the manuscript; legends should be listed consecutively immediately after the References. For each figure, the following information should be provided: Figure number (in sequence, using Arabic numerals – i.e. Figure 1, 2, 3 etc.); short title of figure (maximum 15 words); detailed legend, up to 300 words. Illustrations of measurable morphological traits should bear mute scale bars, whose real size is to be given in the figure captions.

Please note that it is the responsibility of the author(s) to obtain permission from the copyright holder to reproduce figures or tables that have previously been published elsewhere.

Figure citations in the text should always be with Capital "F" and En-dash for ranges. One figure with a full stop, figures without.

Example: Fig. 1, Figs 1–3, Fig. 2A–E.

Citations of figures from other publications should always be Lower Case (fig. / figs). When two subsequent figures or parts are cited (for instance figures 1 and 2 or A and B), a comma should be used.

Example: Figs 1, 2 and Fig. 1A, B.

Parts belong to one figure.

Example: Fig. 1A, B and Fig. 2A–E.

On the use of Google Maps

All uses of Google Maps and Google Earth Content must provide attribution to Google, according to Google Maps/Earth Additional Terms of Service (see also Permission Guidelines for Google Maps and Google Earth). The attribution should be visible on each map in the form, for example: "Map data 2019 (C) Google".

Tables: Each table should be numbered in sequence using Arabic numerals (i.e. Table 1, 2, 3 etc.). Tables should also have a title that summarizes the whole table, maximum 15 words. Detailed legends may then follow, but should be concise.

Small tables can be embedded within the text, in portrait format (note that tables on a landscape page must be reformatted onto a portrait page or submitted as additional files). These will be typeset and displayed in the final published form of the article. Such tables should be formatted using the 'Table object' in a word processing program to ensure that columns of data are kept aligned when the file is sent electronically for review. Do not use tabs to format tables or separate text. All columns and rows should be visible, please make sure that borders of each cell display as black lines. Colour and shading should not be used; neither should commas be used to indicate decimal values. Please use a full stop to denote decimal values (i.e., 0.007 cm, 0.7 mm).

Larger datasets can be uploaded separately as Supplementary Files. Tabular data provided as supplementary files can be uploaded as an Excel spreadsheet (.xls), as an OpenOffice spreadsheets (.ods) or comma-separated values file (.csv). As with all uploaded files, please use the standard file extensions.

Diretrizes aos autores da revista IBIS international journal of avian science

Author Guidelines

Aims and scope

IBIS publishes original articles, reviews, short communications and Forum articles reflecting the forefront of international research activity in ornithological science, with special emphasis on the behaviour, ecology, evolution and conservation of birds.

IBIS publishes papers as EarlyView (final formatted version) four weeks after acceptance, with most papers appearing in the next available issue.

Published continuously since 1859, IBIS was the world's first dedicated ornithology journal, establishing itself as the journal of record for many regions in the 19th Century, and remains one of the highest impact factor journals in ornithology.

More information about IBIS can be found [here](#).

Please see a recent issue of IBIS to get a better feel for the types of papers we publish.

IBIS follows IOC World Bird Names for taxonomy and nomenclature.

Effective with the 2024 volume, this journal will be published in an online-only format.

Conservation Evidence

For conservation related studies IBIS strongly encourages authors to consult the Conservation Evidence website. This site collects, curates, and summarises tests of conservation interventions. Researchers are encouraged to use this resource when planning research involving conservation interventions and to check the site for previous published studies in your relevant field. Further information on how this resource can be found in Sutherland et al. 2020.

Themed issues

Articles published in themed issues are often cited more frequently than articles published in regular issues. When IBIS is welcoming submissions for themed issues, the details will appear [here](#).

Types of Papers

Papers are published under 4 headings:

Original Articles

These are full length papers, which make up the main part of each issue. Papers focus on empirical and theoretical research in all areas of ornithology. They are limited to 7000 words, excluding references and figure legends. An abstract is required. There are no page charges.

Short Communications

These are focused articles answering a simple, clearly defined question. They will advance the field of study, supporting new hypotheses, developing further studies, or evaluating new or existing methods. Sample sizes must be sufficient to support conclusions. Word

limit 3500, excluding refs. and fig. legends. Up to four display items (tables/figures). A four-sentence abstract is required. No page charges.

Reviews

Reviews should be critical and forward-looking syntheses of an existing body of primary ornithological research which aim to address one or more clearly defined questions, add insight, and shed light on future research directions. Simple descriptive compilations or catalogues of previous studies will not be considered for publication. Traditional narrative reviews, scoping reviews and systematic reviews are all welcomed and meta-analysis may be included.

Full reviews have no formal word count limit. Our new category of Mini reviews have a limit of 6000 words (main text and references) and are well suited for emerging areas of research interest which currently have a small primary literature, or for critical reviews of more specific sub-topics within broader research areas.

In all cases, reviews should include a short Methods section to aid replicability by explaining the protocols used for (i) literature searches; (ii) filtering, selection, and critical appraisal of primary studies and, where relevant, (iii) extraction and synthesis of primary data. The Discussion section should include the authors' own appraisal of any limitations encountered.

Reviews may be submitted unsolicited, but we encourage prospective authors to contact the Reviews Editor to discuss the proposed topic and approach to ensure that it is likely to be suitable for consideration by *Ibis*. Recent review papers can be found here to illustrate some of the topics treated in recent years. We especially encourage PhD students and their supervisors to consider whether the introductory chapter of their thesis might be the basis for a full or short review for *Ibis*, as reviews tend to be well cited and downloaded.

Forum articles (Free to Read option available)

Forum articles offer authors an opportunity to discuss opinions, raise issues or review areas in avian science likely to be of interest to *IBIS* readers outside the formal structures of a scientific paper. They cover a wide range of subjects, related to ornithology including science, policy, conservation and management. One Forum article per issue is made Free to Read and these articles attract a great deal of interest.

An Open Access option is available on all classes of paper on payment of the appropriate licence fee (see below).

Submission Policy

New submissions should be made via the Research Exchange (ReX) submission portal. Should your manuscript proceed to the revision stage, you will be directed to make your revisions via the same submission portal. You may check the status of your submission at any time by logging on to submission.wiley.com and clicking the "My Submissions" button. For technical help with the submission system, please review the Wiley FAQs or contact submissionhelp@wiley.com.

Submission is considered on the condition that manuscripts are previously unpublished, are not offered simultaneously elsewhere, and that all contributors have read and approved the content.

Authors of articles published in Wiley journals are permitted to self-archive the submitted (preprint) version of the article at any time, and may self-archive the accepted (peer-reviewed) version after an embargo period of 12 months. You will find more information on self-archiving [here](#).

Submitted manuscripts will be acknowledged automatically and assigned a unique manuscript number, which must be quoted in correspondence. Manuscripts are refereed, although the journal reserves the right to reject manuscripts without review.

We aim to get 90% of manuscripts a first decision within 8 weeks of submission.

Note that IBIS operates double blind review.

Dual language abstracts: We encourage authors to provide an additional abstract as a translation of the English abstract in their native language or the language relevant to the country in which the research was conducted. Authors who wish to take advantage of this option should upload the additional abstract where prompted on the file upload page.

See also Submission

Preprints

IBIS will consider for review articles previously available as preprints on non-commercial servers such as ArXiv, bioRxiv, psyArXiv, SocArXiv, engrXiv, etc. Authors may also post the submitted version of their manuscript to non-commercial servers at any time. Authors are requested to update any pre-publication versions with a link to the final published article.

Author contributions

For all articles, the journal mandates the CRediT (Contribution Roles Taxonomy), for more information please see Wiley Author Services.

ORCID

IBIS requires the submitting author (only) to provide an ORCID iD when submitting their manuscript. You can create an ORCID iD and associate it with your account at the time of submission. You will find more information on ORCID at <https://olabout.wiley.com/WileyCDA/Section/id-828034.html>

Ethics

IBIS is a member of and subscribes to the principles of the Committee on Publication Ethics. Submitted work must comply with the BOU's Ethical Policy which can be read [here](#). IBIS also expects authors to follow good practice in publication ethics, as outlined [here](#).

Work carried out under license must report the license number. A photocopy of relevant research licenses must be scanned and uploaded with your submission.

An ethics statement and any licence names and numbers will be included with your published paper.

Source of Funding

Authors are required to specify the source of funding for their research when submitting a paper. Suppliers of materials should be named, and their location (town, state/county, country) included. The information will be disclosed in the published article.

Conflict of interest

IBIS requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial, or otherwise that might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. All potential conflicts, directly or indirectly relevant to work described in the author's manuscript, must be disclosed.

Potential sources of conflict of interest include but are not limited to patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company.

The existence of a conflict of interest does not preclude publication in this journal.

It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and to collectively list in the cover letter to the Editor, in the manuscript (under the Acknowledgment section), and in the online submission system ALL pertinent commercial and other relationships. If the authors have no conflict of interest to declare, they must also state this at submission.

Open Access

Papers can be retrospectively made Open Access.

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers upon publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers via Wiley Online Library. You can find details on fees [here](#). The article is also deposited in the funding agency's preferred archive. The full list of terms and conditions can be found [here](#).

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available [here](#).

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen as all OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the Journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

You can find more information on Open Access [here](#).

Registration of DNA sequences

DNA sequences published in IBIS should be deposited in the EMBL/GenBank/DDJB Nucleotide Sequence Databases. An accession number for each sequence should be included in the manuscript.

Zoobank registration

You must register any new names of species with Zoobank www.zoobank.org and provide a link within your manuscript to the registration.

Copyright transfer agreement form

If your manuscript is accepted, the author identified as the formal corresponding author for the manuscript will receive an email prompting them to login into Author Services where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be able to complete the copyright transfer agreement form on behalf of all authors on the manuscript.

You will find more information on this [here](#).

Article tracking

Online production tracking is available for your article through Wiley Blackwell's Author Services.

Once it has been accepted, Author Services enables authors to track their article through the production process to publication.

Proofs and offprints

Proofs will be available as a PDF to download from our e-proofing website. Full instructions will be sent via email notification when the proof is ready for collection.

Free access to the final PDF offprint will be available via Author Services only.

Archiving policy

Unless specifically requested at submission, the publisher will dispose of all hard copy or electronic material submitted two months post publication.

Promoting your paper

The BOU actively promotes papers in IBIS. In addition to e-alerts via the IBIS website we carry highlights of each issue on the BOU website, with featured papers also included in our e-newsletters. All IBIS papers also feature on Twitter (@IBIS_journal), Facebook (facebook.com/IBISjournal) and Instagram (@IBIS_journal).

We also feature papers from IBIS on the BOU blog. We encourage authors to write a blog as this is a fantastic opportunity to promote your research and the paper in a style and language that is more accessible to a wider audience. This should take the form of a non-technical summary of your paper, or an interesting story from the fieldwork that led up to the paper, in fact anything related to your paper. You can include photos, graphics and links to any online videos or sound files. Blog posts should be no longer than 700 words. Ibis authors get priority access to the BOU blog.

The BOU has produced an author self-promotion toolkit where you will find lots of helpful information on how to promote your work.