

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

STEPHANIE CAROLINE SCHUBERT

SAZONALIDADE ESPACIAL E DE NICHOS CLIMÁTICOS DE AVES  
MIGRATÓRIAS NO BRASIL

CURITIBA  
2019

STEPHANIE CAROLINE SCHUBERT

SAZONALIDADE ESPACIAL E DE NICHOS CLIMÁTICOS DE AVES  
MIGRATÓRIAS NO BRASIL

Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Mestre em Ecologia, no  
Curso de Pós-Graduação em Ecologia e  
Conservação, Setor de Ciências Biológicas da  
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: André de Camargo Guaraldo  
Coorientadora: Fernanda Thiesen Brum

CURITIBA  
2019

Universidade Federal do Paraná. Sistema de Bibliotecas.  
Biblioteca de Ciências Biológicas.  
(Dulce Maria Bieniara – CRB/9-931)

Schubert, Stephanie Caroline  
Sazonalidade espacial e de nichos climáticos de aves migratórias no  
Brasil. / Stephanie Caroline Schubert. – Curitiba, 2019.  
31 p.: il.

Orientador: André de Camargo Guaraldo  
Coorientador: Fernanda Thiesen Brum

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e  
Conservação.

1. Ave - Migração 2. Base de dados 3. Sazonalidade 4. Nicho  
(Ecologia) 5. Populações animais – Fatores climáticos I. Título II.  
Guaraldo, André de Camargo III. Brum, Fernanda Thiesen IV.  
Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas. Programa  
de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação.

CDD (20. ed.) 574.52



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ECOLOGIA E  
CONSERVAÇÃO - 40001016048P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **STEPHANIE CAROLINE SCHUBERT** intitulada: **Sazonalidade espacial e de nichos climáticos de aves migratórias no Brasil**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 29 de Março de 2019.

ANDRE DE CAMARGO GUARALDO  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

LEANDRO BUGONI  
Avaliador Externo (FURG)

MARIA ALICE DOS SANTOS ALVES  
Avaliador Externo (UERJ)

## RESUMO

As aves migratórias utilizam pelo menos dois locais diferentes ao longo de seu ciclo anual, um durante o período reprodutivo e outro no período não-reprodutivo. Apesar da importância do conhecimento destes locais para a conservação de cada espécie, ainda restam muitas dúvidas e lacunas existentes sobre as aves migratórias no Brasil. Para o presente estudo, selecionamos oito espécies que possuem incertezas quanto ao seu padrão migratório, mas com indícios migratórios (*Rostrhamus sociabilis*, *Myiodynastes maculatus*, *Empidonomus varius*, *Tyrannus melancholicus*, *Stelgidopteryx ruficollis*, *Progne tapera*, *Progne chalybea* e *Tersina viridis*), a fim de estabelecer seus sítios de reprodução e repouso reprodutivo no Brasil. Estas espécies foram selecionadas por serem conspícuas, abundantes, de fácil identificação e que não apresentam sobreposição espacial de subespécies. Para isso, utilizamos dados de ciência-cidadã da plataforma eBird Brasil, para todo o território brasileiro, desde 1973 até 2017. Para identificar os sítios de ocorrência das espécies ao longo de seus ciclos anuais, agrupamos os registros entre períodos reprodutivos e não-reprodutivos a partir de informações disponíveis na literatura. Utilizamos elipses Bayesianas para identificar as principais áreas de ocorrência das espécies nos diferentes períodos. Dentre as espécies analisadas, *M. maculatus* e *E. varius* mostraram-se predominantemente migrantes obrigatórias, sem sobreposição de ocorrência geográfica entre os períodos. As demais espécies apresentaram sobreposição de ocorrência entre períodos, indicando majoritariamente o comportamento de migração parcial. Após identificar as principais áreas de reprodução e não-reprodução de cada espécie, calculamos o nicho climático (com base em dados de precipitação mensal total e temperatura média mensal) de cada espécie e em cada período do ano com novas elipses Bayesianas. Calculamos as sobreposições das elipses entre os períodos reprodutivo e não-reprodutivo para cada espécie, posicionando-as ao longo do gradiente que varia entre seguidoras e alternadoras de nicho climático. Os resultados mostraram que todas as espécies apresentam maior tendência como seguidoras de nicho climático, especialmente em relação à temperatura, exceto no caso de *T. viridis*, que se mostrou alternadora do nicho climático definido no estudo. Os dados de ciência-cidadã do eBird possibilitaram as identificações espaciais e caracterizações climáticas dos sítios reprodutivos e não-reprodutivos das oito espécies estudadas, além da classificação destas dentro do gradiente seguidora e alternadora de nicho climático.

Palavras-Chave: ciência-cidadã, eBird, migração parcial, migração obrigatória, sazonalidade de nicho climático.

## ABSTRACT

Migratory birds use at least two different areas during their annual cycle, one for the breeding and another for the non-breeding period. Despite knowing these areas for each species is important for its conservation, a recent review has shown that there are many doubts and gaps about this aspect for migratory birds in Brazil. Based on this review, we selected eight species with likely migratory behavior (*Rostrhamus sociabilis*, *Myiodynastes maculatus*, *Empidonomus varius*, *Tyrannus melancholicus*, *Stelgidopteryx ruficollis*, *Progne tapera*, *Progne chalybea* and *Tersina viridis*) to establish their breeding and non-breeding grounds in Brazil. We selected these species for being conspicuous, abundant, easy to identify and because they lack spatial overlap of subspecies. For that, we use data from the eBird Brazil platform for the whole Brazilian territory, from 1973 to 2017. To identify occurrence sites of each species, we grouped the records in breeding and non-breeding periods, based on bibliographic sources. We used Bayesian ellipses to identify each species main occurrence sites in each different period. Among the analyzed species, *M. maculatus* and *E. varius* were mainly obligatory migrants, without geographical overlap between the main occurrence sites in each period. The remaining species had overlapping occurrence records between periods, indicating a partial migration behavior. After identifying the general breeding and non-breeding sites of each species, we calculated the climatic niche of each species in each season (based on total monthly rainfall and mean monthly temperature data) of their annual cycle also using Bayesian ellipses. We calculated the ellipses overlaps between breeding and non-breeding of each species, thus positioning them in the gradient ranging from climatic niche followers to switchers. Results show that all species behave mainly as niche followers, especially for temperature, with some climatic overlap, except for *T. viridis* which showed to be mainly a niche switcher migrant. Thereby, eBird's science-citizen data enabled the spatial identifications and climatic characterizations of the breeding and non-breeding sites of the eight species studied, as well as their classification as climatic niche followers and switchers.

Key-words: citizen-science, climatic niche seasonality, eBird, obligatory migration, partial migration.

## Lista de Figuras

Figura 1. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Rostrhamus sociabilis* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *R. sociabilis* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 17

Figura 2. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Myiodynastes maculatus* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *M. maculatus* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 17

Figura 3. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Empidonomus varius* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *E. varius* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 18

Figura 4. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Tyrannus melancholicus* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *T. melancholicus* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 18

Figura 5. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Stelgidopterx ruficollis* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *S. ruficollis* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 19

Figura 6. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Progne tapera* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *P. tapera* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 19

Figura 7. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Progne chalybea* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *P. chalybea* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 20

Figura 8. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Tersina viridis* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *T. viridis* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período..... 20

Figura 9. Média e desvio-padrão da precipitação mensal total (mm) nos locais de ocorrência das espécies migratórias-modelo do estudo nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, com diferença significativa entre as médias dos períodos (A); amplitude média e desvio-padrão da precipitação mensal total nos locais de ocorrências das espécies nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, sem diferença significativa entre os períodos (B). Médias e desvios-padrão da temperatura média mensal (°C) nos locais de ocorrência das espécies nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, sem diferença significativa entre os períodos (C); valores médios de amplitude térmica média e desvios-padrão mensal nos locais de ocorrências das espécies nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, com diferença significativa entre as médias das amplitudes térmicas médias dos períodos (D)..... 21

## **Lista de Tabela**

Tabela 1. Percentuais dos registros de espécies de aves migratórias em cada período (reprodutivo/não-reprodutivo) nas regiões políticas do Brasil.....	16
--	----

## SUMÁRIO

Resumo.....	2
Abstract.....	3
Introdução.....	8
Material e Métodos.....	11
Coleta dos dados.....	11
Distribuição espacial das espécies entre períodos.....	12
Nicho climático das espécies entre períodos.....	14
Resultados.....	15
Discussão.....	21
Referências.....	25

## Introdução

Muitas espécies de aves realizam, no seu ciclo anual, deslocamentos sazonais entre locais diferentes (Dingle 2014), os quais são conhecidos por migrações e são relacionadas às necessidades fisiológicas, como forrageamento e reprodução (Rappole 2013; Hedenström 2008). Dependendo da espécie e população, esses deslocamentos anuais podem variar latitudinal e longitudinalmente, envolvendo desde rotas curtas até longas, sendo assim classificados em diferentes sistemas migratórios (Dingle e Drake 2007). No continente americano, há dois sistemas migratórios principais, o Neártico-Neotropical e o Neotropical-Austral (Jahn et al. 2004), este segundo sendo o menos compreendido e estudado (Faaborg et al. 2010a). As espécies que compõem o sistema Neártico-Neotropical reproduzem-se em latitudes mais altas da América do Norte e deslocam-se para áreas em que não realizam atividades ligadas à reprodução (“sítio não-reprodutivo”, daqui em diante) na América Latina (Jahn et al. 2004); já as espécies do sistema Neotropical-Austral reproduzem-se nas regiões temperadas da América do Sul e, no período não-reprodutivo, migram para o norte, em direção à região Amazônica (Chesser 1994). A crescente preocupação com a preservação de espécies austrais-neotropicais tem estimulado esforços à compreensão de seus comportamentos migratórios, já que a sobrevivência destas espécies depende da preservação de locais distintos, de reprodução e não-reprodução, além dos sítios de passagem e parada utilizados ao longo da migração (Faaborg et al. 2010b).

Identificar os locais que as espécies migratórias utilizam em cada período de seu ciclo anual (e.g. reprodução e não-reprodução) é o primeiro passo para compreender como elas selecionam estes destinos. Os eventos reprodutivos e não-reprodutivo que ocorrem em cada período e local são resultantes de interações com outros organismos, como as interações predador-presa (Niehaus e Ydenberg 2006), da disponibilidade de recurso alimentar (Brown e Sherry 2006) e de fatores ambientais em diversas escalas espaço-temporais (Webster et al. 2002). Os eventos de reprodução e não-reprodução ocorrem também em resposta a variáveis climáticas locais que, por sua vez, desencadeiam mecanismos fisiológicos relacionados ao movimento migratório (Berthold 1993; Newton 2008). No caso de algumas aves migratórias, variações na precipitação e temperatura, por exemplo, reconhecidamente desencadeiam respostas comportamentais envolvendo hiperfagia e estoque de energia em preparação à migração (Newton 2008). Assim, variações nas condições ambientais podem alterar características comportamentais tanto em relação aos períodos de deslocamento (e.g. alterações nas datas de partida e chegada em relação ao aumento da temperatura ambiental

média em uma dada região; Marra et al. 2005), quanto de reprodução (e.g. mudanças nas datas de postura de ovos de acordo com variações interanuais da temperatura; Both et al. 2004).

Mudanças nas condições climáticas influenciam o início do movimento migratório das espécies (Cohen et al. 2015, Usui et al. 2017). Estas mudanças nas condições climáticas podem ser atrativas para espécies provenientes de outros locais, ou podem repelir as espécies de um local para outro (Nakazawa et al. 2004). Considerando que os deslocamentos estão relacionados às condições climáticas sazonais locais, as espécies migratórias podem ser classificadas desde seguidoras a alternadoras para um conjunto de condições climáticas (Nakazawa et al. 2004) que caracterizam seu nicho climático (Pearson e Dawson 2003). Espécies migratórias seguidoras de nicho climático fazem deslocamentos sazonais que asseguram sua ocorrência sob condições climáticas semelhantes ao longo de todo o ano. No outro extremo desse gradiente, as alternadoras são aquelas que ficam sujeitas à condições climáticas distintas em ambos os sítios, de reprodução e não-reprodução (Martínez-Meyer et al. 2004). Em outras palavras, as espécies migratórias seguidoras de nicho climático apresentam sobreposição de nichos climáticos entre os períodos de seu ciclo anual, já as alternadoras tendem a possuir pouca ou nenhuma sobreposição (Laube et al. 2015).

Identificar os locais de reprodução, repouso reprodutivo e de paradas para as espécies de aves migratórias é um trabalho árduo devido à extensão espacial e temporal dos diversos padrões migratórios existentes nas espécies (Dingle e Drake 2007). A extensão espacial da distribuição das espécies dificulta a presença do pesquisador nos diferentes locais para o monitoramento dos indivíduos. Assim, muitos estudos com descrição do comportamento das aves migratórias utilizam equipamentos de rastreamento, os quais informam as posições dos indivíduos ao longo de suas rotas migratórias (Fiedler 2009). Apesar de dispositivos avançados de rastreamento como os GPS possibilitarem avanços importantes na identificação de sítios não-reprodutivos e dos limites geográficos de ocorrência das populações das espécies migratórias e sobre a conectividade migratória entre elas (e.g. Hallworth e Marra 2015), são métodos que requerem financiamento nem sempre disponíveis aos pesquisadores, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Uma alternativa atual e viável à obtenção de registros de ocorrência de aves migratórias é o uso de dados coletados e divulgados por pessoas denominadas cientistas-cidadãos, os quais realizam atividades relacionadas às observações de aves.

Práticas de observação e registro de aves movimentam muitas pessoas em todo o mundo (Whelan et al. 2016). Incentivar estas práticas promove a melhoria no conhecimento

tanto no âmbito científico quanto pelos participantes que registram e divulgam suas observações (Bonney et al. 2015). Muitas pesquisas ornitológicas já foram realizadas utilizando dados gerados por iniciativas que estimulam os observadores de aves a disponibilizarem seus registros em plataformas *online* de acesso livre (Cooper et al. 2014). Estudos relacionados à distribuição e comportamento de espécies foram possíveis devido ao acesso a dados de diversas naturezas (presença-ausência, somente presença e abundância), contidos em bancos de dados de ciência-cidadã como o WikiAves, o *Breeding Bird Survey* (BBS) e o eBird (e.g. Schubert et al. *in press.*; Van Doren et al. 2017; Hazel and Venables 2017; Toews et al. 2017; Walker and Taylor 2017). Projetos de ciência-cidadã possuem grande capacidade de abrangência em diversas escalas espaciais e temporais, permitindo a geração de volumosos e diversos bancos de dados (Dickinson et al. 2012). A maioria dos projetos de ciência-cidadã são de monitoramento em ampla escala geográfica (Dickinson et al. 2016), portanto seus dados geralmente compreendem extensões adequadas para entender fenômenos em grande escala, como a migração de aves. Dessa forma, explorar estes dados pode permitir compreender os comportamentos migratórios das aves, suas rotas e seus padrões de movimentação e os fatores ambientais que podem se relacionar a eles e às suas mudanças (Culp et al. 2017; La Sorte et al. 2018).

Grande parte das espécies de aves migratórias ocorrentes no Novo Mundo concentra-se no sistema Neártico-Neotropical (Faaborg et al. 2010b). Para muitas espécies neste sistema, informações sobre os ciclos anuais de movimentação estão sendo gerados há mais tempo em comparação às espécies do sistema Neotropical-Austral (Gauthreaux 1996; Jahn et al. 2004). Conhecer as rotas e os padrões de deslocamento e identificar os locais de ocorrência das espécies ao longo do ano possibilita entender quais são as condições ambientais necessárias à sua sobrevivência (Wilcove e Wikelski 2008). Especificamente no Brasil, o avanço no conhecimento acerca das aves migratórias é incipiente e, apesar dos estudos já realizados para diminuir estas lacunas, ainda é ínfimo quando se considera a grande diversidade de espécies migratórias no país e as inúmeras possíveis variações de deslocamentos e padrões migratórios (Alves 2007; Somenzari et al. 2018). Adicionalmente, a grande extensão territorial do país eleva o custo logístico de pesquisas que necessitam acompanhar indivíduos ao longo de sua jornada migratória, dificultando a obtenção das informações sobre as espécies, as quais são fontes essenciais para o estabelecimento de estratégias e políticas mais efetivas à conservação das aves migratórias. Contudo, a participação de cientistas-cidadãos na geração de dados para uso posterior em pesquisas, além do aumento dos esforços dos pesquisadores pela melhoria na qualidade e redução de vieses nos dados de ciência-cidadã (Isaac et al. 2014), permite que

a geração de informações sobre as aves migratórias ocorra em maior velocidade comparado a projetos com pouco envolvimento social.

Identificar as características ambientais que as espécies migratórias estão sujeitas ao longo da sua vida constituem avanços no entendimento sobre quais fatores podem influenciar o seu comportamento migratório entre áreas e sua sazonalidade. Dessa forma, nosso estudo teve dois objetivos: I) estabelecer os sítios preferenciais de reprodução e não-reprodução de oito espécies migratórias ocorrentes no Brasil utilizando os dados de ciência-cidadã de ocorrência espacial e temporal das espécies e II) Avaliar o comportamento das espécies ao longo do gradiente definido entre seguidoras e alternadoras de nicho climático. Deste modo, visamos identificar a localização geográfica dos sítios usados por cada espécie estudada ao longo de seu ciclo anual, evidenciando um padrão de migração parcial quando existir alguma porcentagem de sobreposição espacial entre os sítios e migração obrigatória quando o contrário. Seguindo a mesma lógica, o comportamento das espécies no gradiente desde seguidoras a alternadoras de nicho climático será definido pela sobreposição de valores climáticos observados em cada um dos períodos do ciclo anual em cada espécie.

## **Material e Métodos**

### **Coleta dos dados**

Com base no extenso trabalho de revisão de Somenzari et al. (2018), o qual reuniu dados de ciência-cidadã, de captura e marcação e de espécimens em museus, selecionamos oito espécies-modelo que possuem incertezas quanto ao seu padrão migratório: *Rostrhamus sociabilis* (Accipitridae), *Myiodynastes maculatus*, *Empidonomus varius* e *Tyrannus melancholicus* (Tyrannidae), *Stelgidopteryx ruficollis*, *Progne tapera* e *Progne chalybea* (Hirundinidae) e *Tersina viridis* (Thraupidae). Estas espécies foram selecionadas por serem de fácil visualização e identificação (i.e. não raras e/ou crípticas), independente do grau de conhecimento sobre espécies de aves dos contribuidores da plataforma, diminuindo assim as chances de erros de identificação nos dados utilizados. Adicionalmente, dentre as 198 espécies presentes na revisão da Somenzari et al. (2018), somente essas espécies não possuem subespécies com sobreposição espacial no território brasileiro, minimizando ruídos analíticos devido a eventuais diferenças no comportamento migratório entre as subespécies. Dentre as espécies-modelo selecionadas existem diferenças quanto às características de habitat e tipos de recursos alimentares que consomem. De ambientes florestais estão representadas o Bem-

te-vi-rajado (*M. maculatus*), a Peitica (*E. varius*), o Suiriri (*T. melancholicus*) e o Saí-andorinha (*T. viridis*), as quais possuem dietas predominantemente insetívora-frugívora (i.e. Bem-te-vi-rajado, Peitica e Saí-andorinha), e o Suiriri como insetívoro (Cazetta et al. 2002, Francisco e Galetti 2002). De áreas abertas e semi-abertas, incluindo proximidades a lagos e rios, são a Andorinha-serradora (*S. ruficollis*), a Andorinha-do-campo (*P. tapera*) e a Andorinha-doméstica-grande (*P. chalybea*), todas insetívoras (Turner e Rose 1989). Já o Gavião-caramujeiro (*R. sociabilis*) é a única das espécies-modelo que habita zonas úmidas e alagadas, com alimentação especializada em caracóis do gênero *Pomacea* e outros moluscos e crustáceos (Donney e Beissinger 1993).

Utilizamos dados de ocorrência das espécies disponíveis na plataforma eBird Brasil, uma das plataformas de referência em ciência-cidadã e que reúne listas com registros de presença de espécies feitas por observadores do mundo inteiro (Sullivan et al. 2014). O eBird conta com mais de 60 milhões de colaboradores depositando diariamente registros de listas de espécies, as quais sofrem minuciosos processos de averiguação de qualidade e veracidade dos dados por algoritmos computacionais e por mais de 500 moderadores voluntários da plataforma (*Audubon e Cornell Lab of Ornithology*). O início da plataforma eBird Brasil deu-se no ano 2015, contando com o auxílio de colaboradores locais, como a SAVE Brasil, o Avistar e o Observatório de Aves do Instituto Butantan (SAVE Brasil, 2015). No entanto, a inserção dos registros foi retroativa, ou seja, observações que foram realizadas no território brasileiro e depositadas em anos anteriores ao começo da plataforma também são disponibilizadas pelo eBird Brasil. Atualmente, a plataforma abriga aproximadamente 130 mil listas de espécies contendo registros para 1703 espécies de aves em todo o país (eBird Brasil © 2019). O conjunto de dados do eBird utilizado neste estudo inclui informações desde 1973 até 2017 para todo o território brasileiro, incluindo a coordenada geográfica e data de cada registro de ocorrência das espécies. Adicionalmente, utilizamos apenas os registros oriundos de esforços de observadores que visaram o levantamento completo de espécies em uma dada localidade.

### **Distribuição espacial das espécies entre períodos**

Definimos os períodos reprodutivo e não-reprodutivo das espécies-modelo do presente estudo utilizando o método adotado por Lees (2016), com base nos dados de comportamento reprodutivo de cada espécie compilados por Somenzari et al. (2018) e no

*Handbook of the Birds of the World Alive (HBW)* (<http://www.hbw.com>). O método consistiu em determinar meses centrais para cada período (i.e., reprodutivo e não-reprodutivo) e estabelecer meses de intervalo entre períodos, referentes aos possíveis deslocamentos dos indivíduos entre os sítios reprodutivos e não-reprodutivos. As oito espécies-modelos apresentaram os mesmos conjuntos de meses para os períodos reprodutivo e não-reprodutivo, obtidos a partir de informações disponíveis na literatura (Somenzari et al. 2018). Apenas os registros de ocorrência feitos nos quatro meses centrais de reprodução e não-reprodução de cada espécie foram selecionados para a análise, correspondendo aos intervalos de novembro a fevereiro e de maio a agosto, respectivamente. Portanto, desprezamos os dados nos intervalos de dois meses entre cada período, procedimento que minimiza o risco de incluir nas análises os registros de ocorrência das espécies em períodos nos quais é possível que parte das populações esteja realizando deslocamentos migratórios. Devido à natureza dos dados de ciência-cidadã do eBird não permitir o monitoramento individual das aves, ou seja, não é possível identificar os indivíduos através dos registros, as análises quanto ao deslocamento sazonal só são possíveis em nível de espécie.

Para definir cada um dos sítios reprodutivo e não-reprodutivo de cada espécie, calculamos elipses baseadas em estimadores de máxima verossimilhança usando uma abordagem Bayesiana (Jackson et al. 2011), evitando assim superestimações inerentes ao método tradicional do Mínimo Polígono Convexo (Burgman e Fox 2003). A elipse Bayesiana contém a maior proporção possível dos registros, considerando eventuais incertezas e variações entre as amostras inerentes ou não ao método de amostragem, sendo quantitativamente comparáveis entre as espécies (Jackson et al. 2011). Em razão da elipse Bayesiana ser calculada sobre a maior proporção de registros da amostragem, podem ocorrer registros fora dos limites das elipses. Estas ocorrências, tanto no período reprodutivo quanto no não-reprodutivo, se referem a registros de baixa frequência, portanto com pouco peso na análise que foi feita em nível de espécie. Em seguida, utilizamos as elipses estabelecidas para calcular, para cada espécie-modelo, a porcentagem de sobreposição espacial dos registros entre cada período. Em todos os casos, a sobreposição foi calculada em relação à porcentagem da área da elipse do período reprodutivo sobreposta pela elipse do período não-reprodutivo. Desse modo, há um gradiente que varia desde migrantes obrigatórias, para as quais a sobreposição dos registros entre períodos é nula, a residentes (100% de sobreposição). Valores intermediários de sobreposição, portanto, caracterizam uma gama de comportamentos migratórios mais complexos, como por exemplo a migração parcial e a migração em cadeia

(cenários de substituição de populações migratórias; *chain migration*) (Newton 2008; Rappole 2013).

### **Nicho climático das espécies entre períodos**

Os dados climáticos foram obtidos a partir do banco de dados CHELSA ([www.chelsa-climate.org](http://www.chelsa-climate.org)), o qual disponibiliza dados mensais de variáveis climáticas de 1979 a 2013, com aproximadamente 1km de resolução. Para as análises, portanto, assumimos que houve pouca variação climática para os períodos anteriores a 1979 e posteriores a 2013. Assim, para os registros obtidos no eBird anteriormente ao ano de 1979 (i.e. 1973-1978) consideramos os mesmos valores climáticos mensais de 1979, e para os registros posteriores a 2013 (i.e. 2014-2017) utilizamos os valores mensais de 2013.

Para classificar as espécies no gradiente entre seguidoras e alternadoras de nicho climático (e.g. Zurell et al. 2018a), compilamos para cada registro de ocorrência de cada espécie os dados locais mensais de temperatura mínima, máxima e média, assim como de precipitação total. Realizamos testes de correlação entre as quatro variáveis e selecionamos apenas precipitação e temperatura média para as análises seguintes, pois as três variáveis associadas à temperatura foram correlacionadas entre si (Tmédio e Tmáx:  $\rho=0,92$ ,  $p<0,001$ ; Tmédio e Tmín:  $\rho=0,93$ ,  $p<0,001$ ; Tmáx e Tmín:  $\rho=0,74$ ,  $p<0,001$ ), e somente a temperatura média e precipitação não apresentaram correlação entre si (Precipitação e Tmédio:  $\rho<0,00$ ,  $p=0,96$ ; Precipitação e Tmáx:  $\rho=-0,20$ ,  $p<0,001$ ; Precipitação e Tmín:  $\rho=0,20$ ,  $p<0,001$ ). Para as análises, centralizamos as variáveis precipitação total e temperatura média e as padronizamos dividindo seu valor pelo desvio-padrão do conjunto. As descrições climáticas para cada espécie, referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, foram descritas pelas médias e amplitudes, e suas diferenças testadas com testes t para dados não-pareados.

Assim como feito em relação à distribuição espacial dos registros, o nicho climático para cada período do ciclo anual de cada espécie foi definido pela circunscrição de elipses Bayesianas e a sobreposição de nicho intraespecífico entre períodos calculada pela porcentagem de sobreposição entre as elipses no espaço. Assim, definimos um gradiente no qual espécies alternadoras apresentaram sobreposição de nicho climático nula (0%) entre períodos de seu ciclo anual, enquanto espécies estritamente seguidoras de nicho climático apresentaram sobreposição total (100%).

Todas as análises foram realizadas no ambiente R 3.4.0 (R Core Team 2017) utilizando os pacotes *auk* (Guillera-Arroita et al. 2015), para leitura dos arquivos obtidos da plataforma eBird, *raster* (Hijmans et al. 2017) para a manipulação dos dados espaciais e climáticos e *siar* (Parnell e Jackson 2013) e *spatstatutils* (Baddeley et al. 2018) para a elaboração das elipses e cálculos de sobreposição.

## Resultados

As oito espécies-modelo do estudo apresentaram maior frequência de registros no período reprodutivo nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, próximas ao litoral (Tab.1, Figs.1-8). Durante o período não-reprodutivo, as espécies *R. sociabilis*, *E. varius* e *M. maculatus* tiveram maior número de registros nas regiões Norte e Centro-Oeste, enquanto *T. melancholicus*, *S. ruficollis*, *P. tapera*, *P. chalybea* e *T. viridis* tiveram ocorrências mais frequentes nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte durante o período não-reprodutivo (Tab.1, Figs. 1-8). As regiões em que as espécies de hábitos mais florestais (*E. varius*, *M. maculatus*, *T. melancholicus* e *T. viridis*) mostraram-se mais presentes no período reprodutivo correspondem a trechos de Mata Atlântica e Cerrado (presentes nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste). Durante o período não-reprodutivo, estas espécies foram mais frequentes na Amazônia, Mata-Atlântica e Cerrado (parte correspondente às regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste). As andorinhas (Hirundinidae), com preferência por áreas abertas (*S. ruficollis*, *P. tapera* e *P. chalybea*), tiveram maior ocorrência nos biomas Cerrado e Mata Atlântica tanto no período reprodutivo quanto no não-reprodutivo (Sul, Sudeste, Centro-Oeste e limite sul da Amazônia). *R. sociabilis* foi bastante frequente no Pantanal (assim como alguns registros de *P. chalybea*) durante o período não-reprodutivo, além das ocorrências no Cerrado e parte da Amazônia, ocorrendo somente na Mata Atlântica e Cerrado durante o período de reprodução.

As elipses espaciais mostraram que *E. varius* e *M. maculatus* não apresentaram sobreposição entre os registros de não-reprodução e de reprodução, indicando comportamento migratório obrigatório destas espécies (Fig. 2 e 3). As demais espécies tiveram valores de sobreposição de 31-58% entre as elipses espaciais, classificando-as como migrantes parciais (Fig. 4 a 8).

As sobreposições entre as elipses climáticas dos períodos reprodutivo e não-reprodutivo mostraram que somente *T. viridis* não possuiu semelhança nas características climáticas entre períodos (0% de sobreposição, Fig. 8), sendo, portanto, classificada como espécie alternadora de nicho climático. No entanto, quando suas elipses são projetadas para

cada eixo separadamente, observa-se sobreposição das elipses na temperatura e ausência de sobreposição na precipitação, revelando comportamento de alternância de nicho em relação à precipitação e seguidora de nicho para temperatura. Todas as outras espécies apresentaram alguma porcentagem de sobreposição entre as elipses climáticas de reprodução e não-reprodução (~26-47%), indicando que elas são, em algum grau, seguidoras de nicho climático para ambas as variáveis consideradas (Figs. 1-8).

Tabela 1. Percentuais dos registros de espécies de aves migratórias em cada período (reprodutivo/não-reprodutivo) nas regiões políticas do Brasil.

Espécie	Sul	Sudeste	Centro-Oeste	Nordeste	Norte
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	30,53/7,36	29,47/11,26	16,84/54,98	17,90/7,79	5,26/18,61
<i>Myiodynastes maculatus</i>	19,96/1,71	64,30/13,68	6,43/24,79	7,09/17,09	2,22/42,73
<i>Empidonomus varius</i>	18,79/2,11	48,66/3,16	5,70/29,47	16,78/15,79	10,07/49,47
<i>Tyrannus melancholicus</i>	17,28/1,51	50,18/28,34	7,68/24,46	16,27/17,35	8,59/28,34
<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	16,19/0,81	55,00/41,00	6,67/27,72	15,00/9,72	7,14/20,75
<i>Progne tapera</i>	37,88/2,14	26,14/33,05	15,53/30,90	12,50/6,44	7,95/27,47
<i>Progne chalybea</i>	22,83/4,89	37,77/26,89	6,52/29,78	20,92/13,55	11,96/24,89
<i>Tersina viridis</i>	19,71/5,93	67,88/44,27	7,30/33,99	2,92/3,16	2,19/12,65

Em relação às variáveis climáticas, as espécies em geral experienciaram precipitação média mensal maior no período reprodutivo (rep) do que no não-reprodutivo (n-rep) (Precipitação: média<sub>rep</sub> = 172.0 ± 17.2mm, média<sub>n-rep</sub> = 65.8 ± 18.4mm t = -12.61, gl = 13.5, p < 0.001; amplitude média<sub>rep</sub> = 671.6 ± 102.8mm, amplitude média<sub>n-rep</sub> = 609.4 ± 105.8mm, t = -1.19, gl = 14, p = 0.25) (Fig. 9A e 9B). Assim, as espécies habitaram regiões com maior pluviosidade durante a reprodução comparadas às regiões em que elas não se reproduzem, mas as amplitudes pluviométricas não são diferentes entre os períodos (Fig.9). Quanto à temperatura média, as localidades de não-reprodução das espécies apresentaram amplitudes térmicas médias mensais maiores do que aquelas dos sítios de reprodução (Temperatura: amplitude média<sub>rep</sub> = 16.7 ± 1.4°C amplitude média<sub>n-rep</sub> = 19.5 ± 2.2°C, t = 3.0357, gl = 11.8, p=0.01) (Fig.9D), apesar das temperaturas médias mensais não diferirem entre períodos (média<sub>rep</sub> = 24.0 ± 0.6°C, média<sub>n-rep</sub> = 23.8 ± 1.2°C, t = -0.47, gl = 10.2, p = 0.65) (Fig.9C).

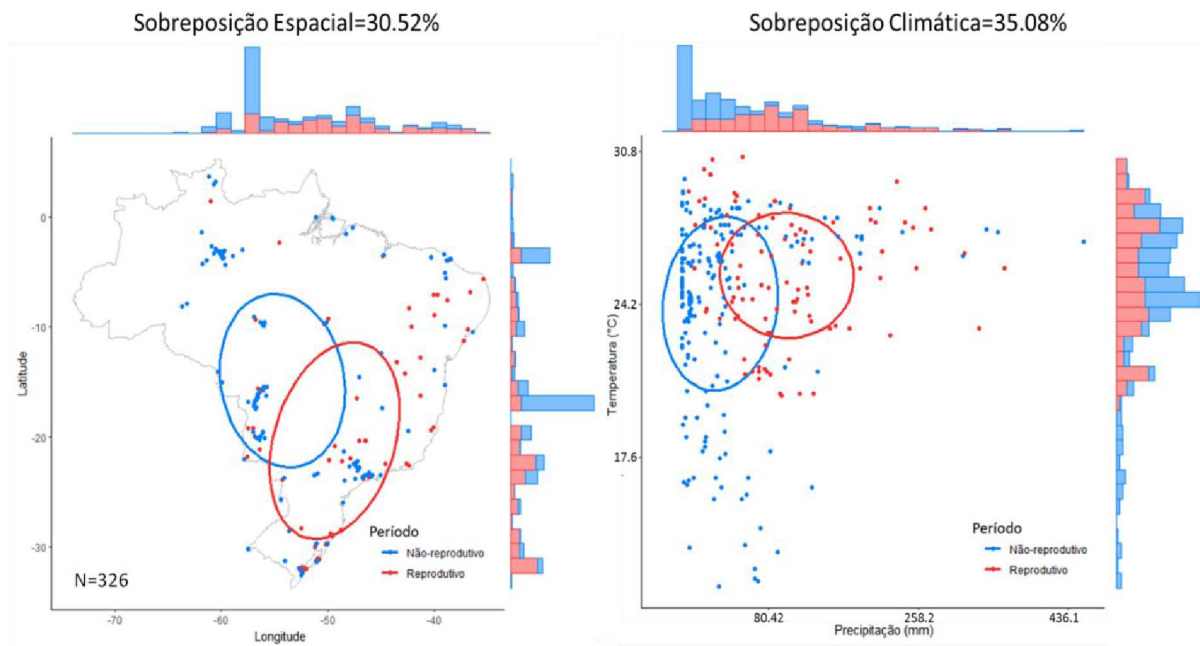
*Rostrhamus sociabilis*

Figura 1. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Rostrhamus sociabilis* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *R. sociabilis* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

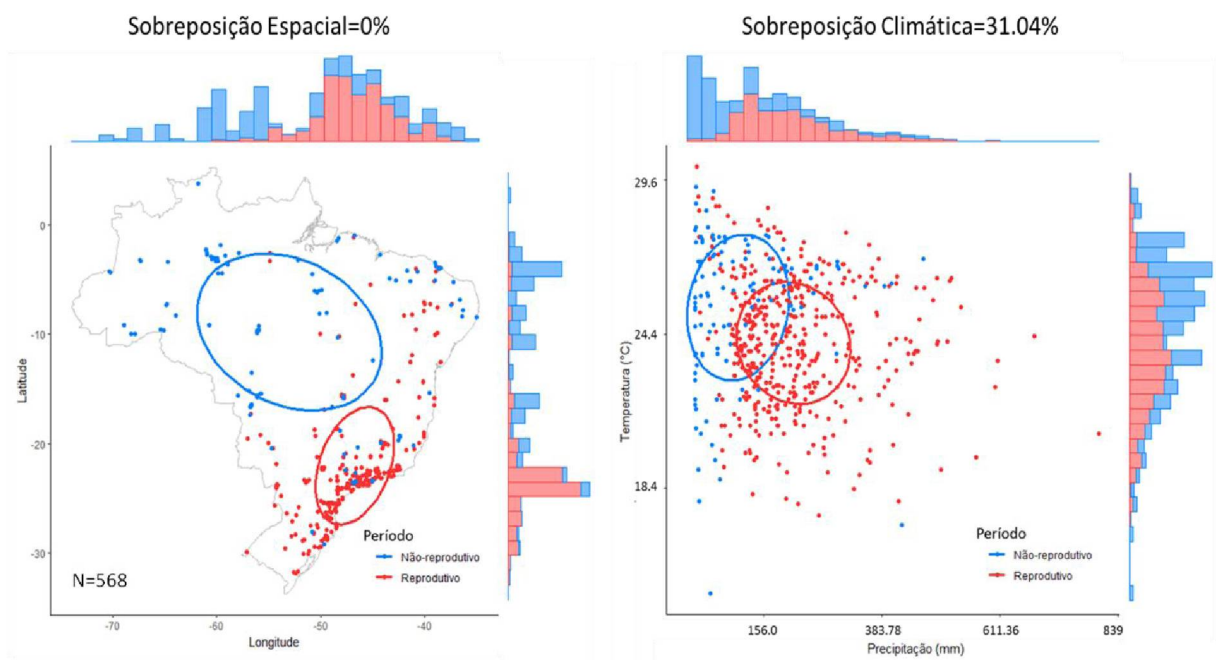
*Myiodynastes maculatus*

Figura 2. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Myiodynastes maculatus* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *M. maculatus* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

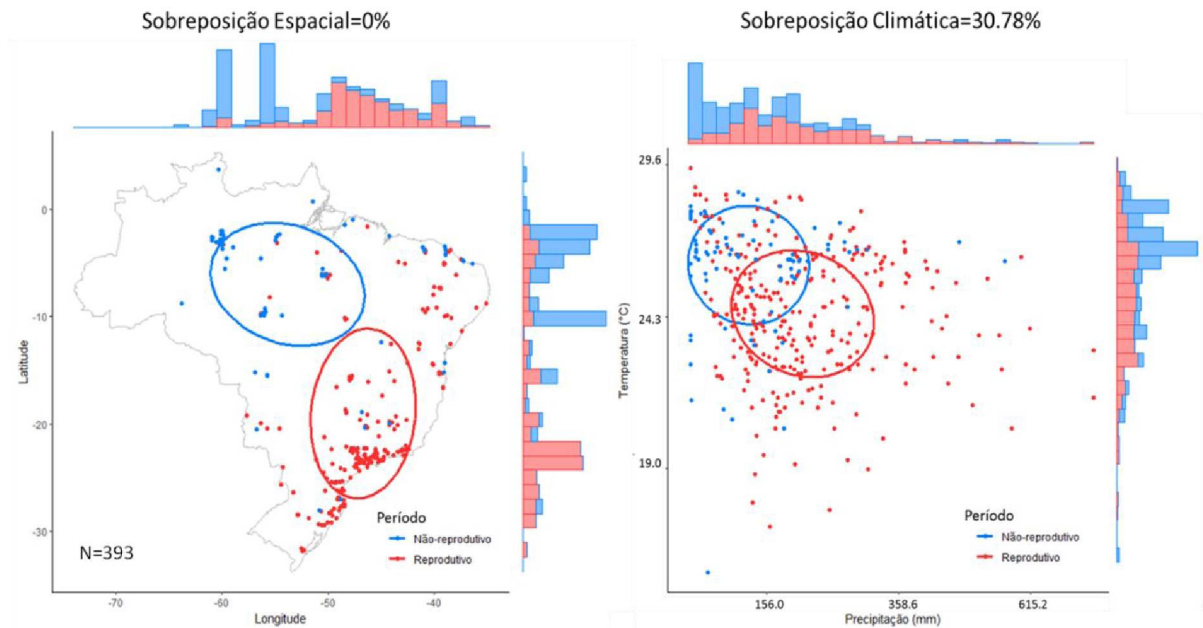
*Empidonomus varius*

Figura 3. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Empidonomus varius* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *E. varius* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

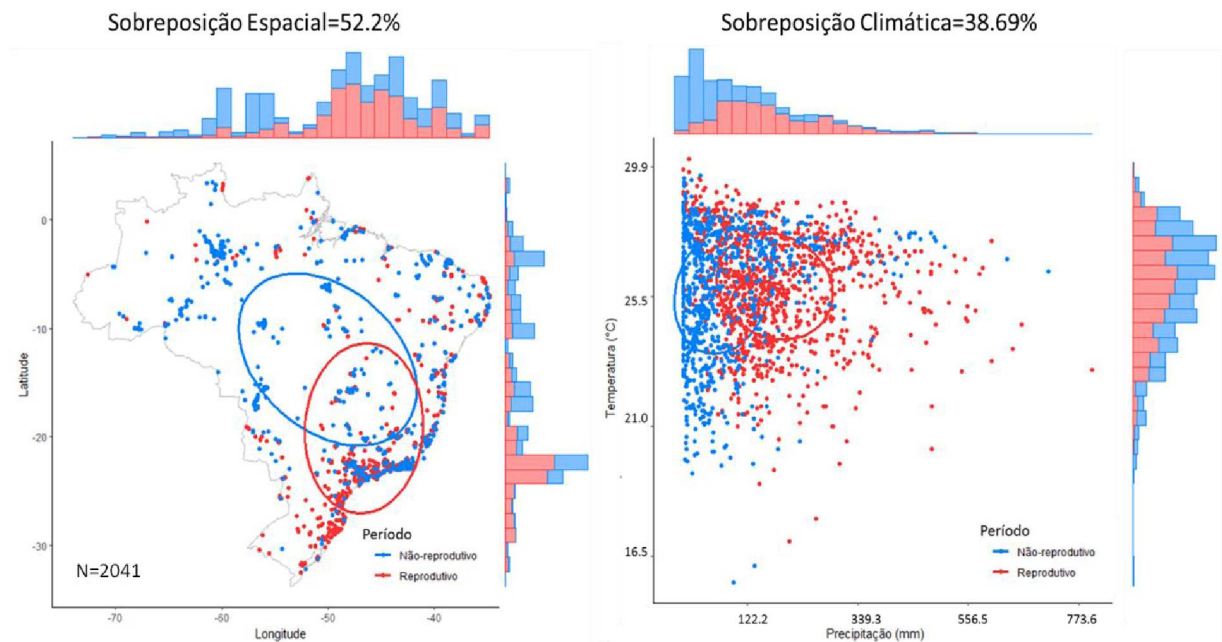
*Tyrannus melancholicus*

Figura 4. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Tyrannus melancholicus* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *T. melancholicus* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

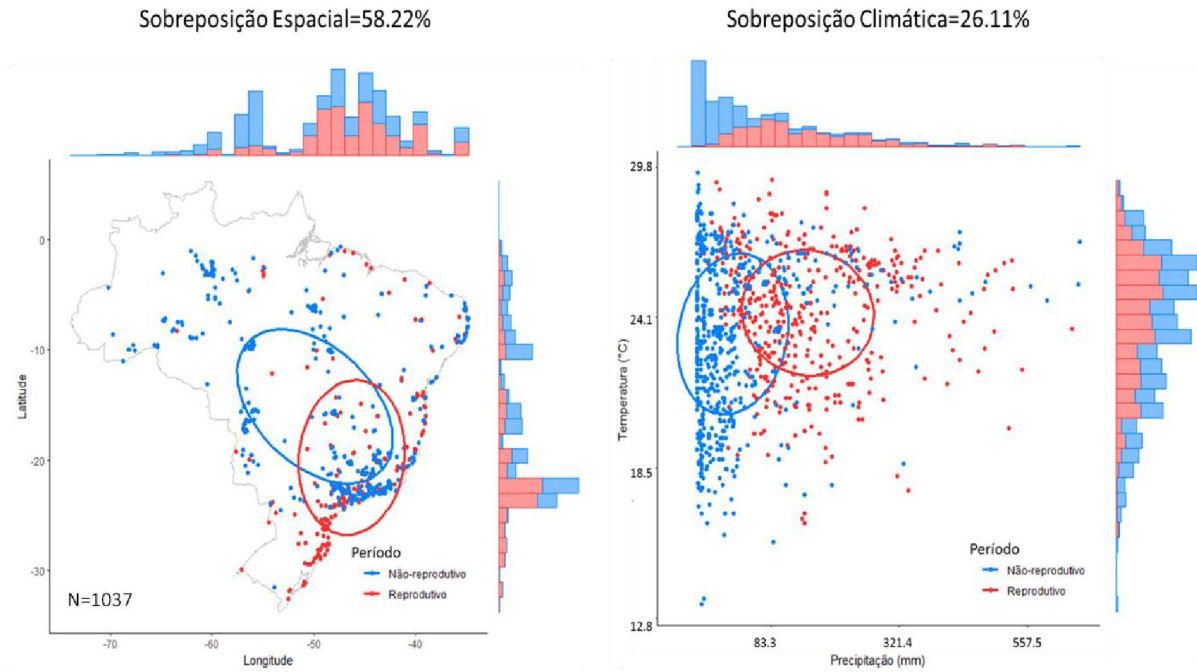
*Stelgidopteryx ruficollis*

Figura 5. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Stelgidopteryx ruficollis* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *S. ruficollis* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

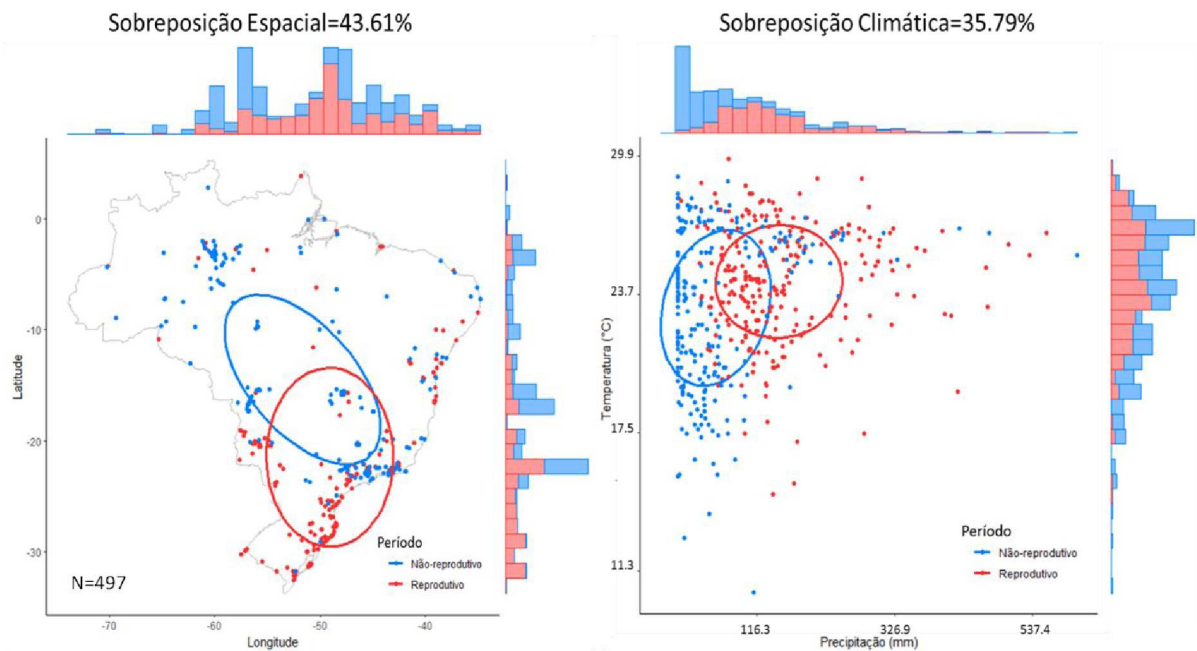
*Progne tapera*

Figura 6. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Progne tapera* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *P. tapera* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

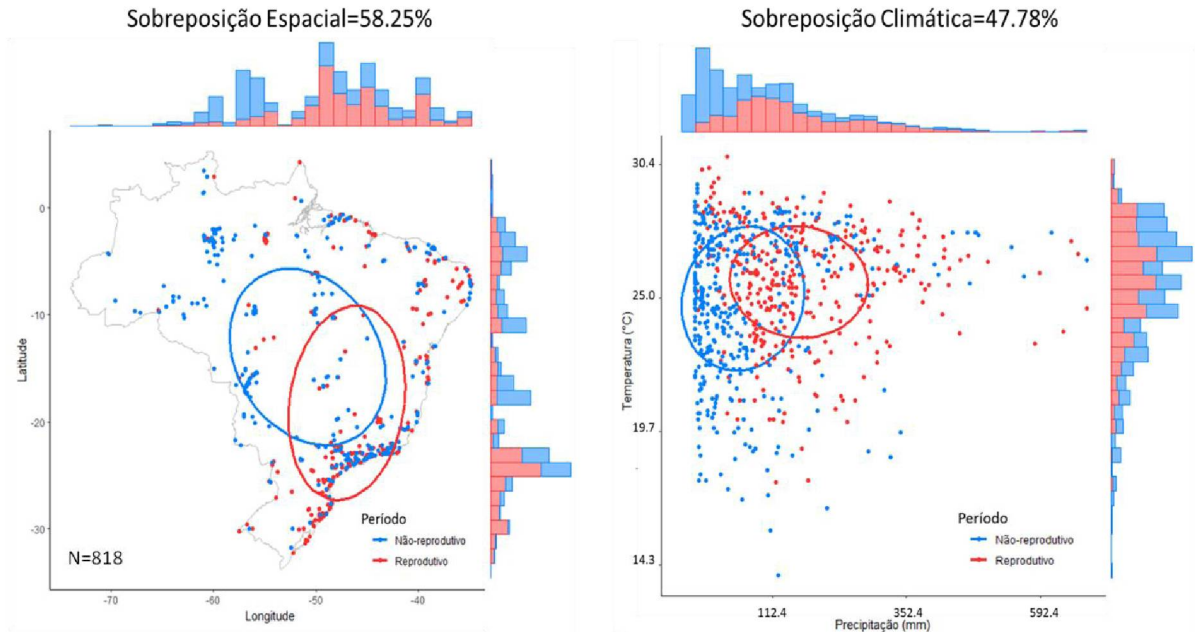
*Progne chalybea*

Figura 7. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Progne chalybea* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *P. chalybea* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

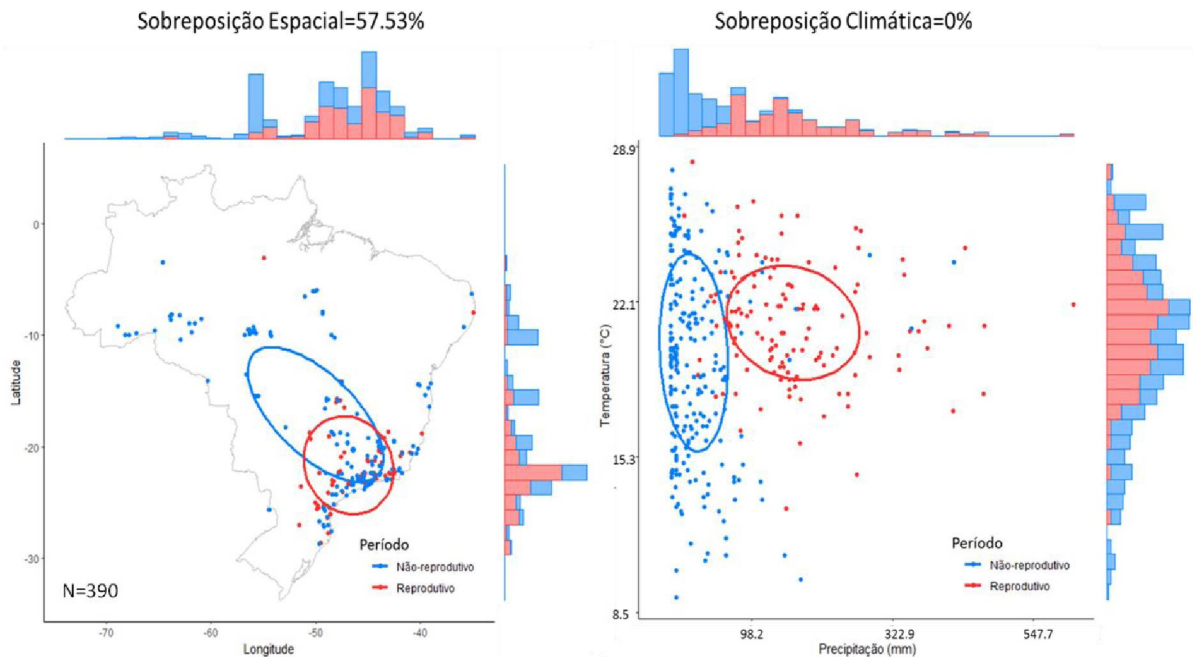
*Tersina viridis*

Figura 8. Registros, número de registros (N), elipses espaciais e valor da sobreposição espacial entre as elipses de *Tersina viridis* referentes aos períodos reprodutivo e não-reprodutivo (esquerda). Registros, elipses climáticas e valor da sobreposição climática da elipse não-reprodutivo sobre a do reprodutivo entre os valores mensais das variáveis precipitação (mm) e temperatura média (°C) de *T. viridis* (direita). Os histogramas estão empilhados e são referentes às frequências de registros para cada período.

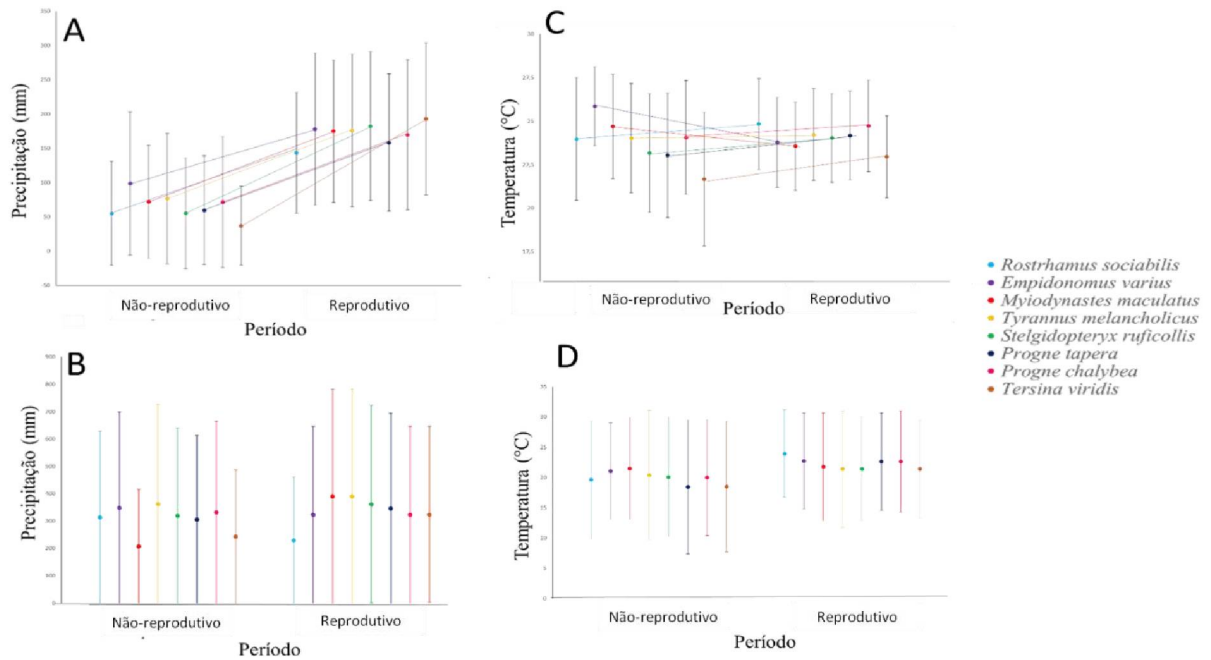


Figura 9. Média e desvio-padrão da precipitação mensal total (mm) nos locais de ocorrência das espécies migratórias-modelo do estudo nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, com diferença significativa entre as médias dos períodos (A); amplitude média e desvio-padrão da precipitação mensal total nos locais de ocorrências das espécies nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, sem diferença significativa entre os períodos (B). Médias e desvios-padrão da temperatura média mensal (°C) nos locais de ocorrência das espécies nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, sem diferença significativa entre os períodos (C); valores médios de amplitude térmica média e desvios-padrão mensal nos locais de ocorrências das espécies nos períodos reprodutivo e não-reprodutivo, com diferença significativa entre as médias das amplitudes térmicas médias dos períodos (D).

## Discussão

A utilização dos registros do eBird permitiu identificar os principais sítios que a maior parte das populações das oito espécies estudadas utilizaram durante os períodos reprodutivo e não-reprodutivo, além de caracterizar esses sítios quanto à precipitação e temperatura médias. As elipses espaciais permitiram identificar que *E. varius* e *M. maculatus* possuíram um comportamento principalmente de migração obrigatória, contrário àquele indicado em Somenzari (2018), e comportamento majoritariamente de migração parcial em *R. sociabilis*, *T. melancholicus*, *S. ruficollis*, *P. tapera*, *P. chalybea* e *T. viridis*, de acordo com o já descrito para as espécies (Somenzari et al. 2018). Alguns estudos aprofundados do Gavião-caramujeiro (*R. sociabilis*), por exemplo, suspeitam sobre deslocamentos nômades da espécie, além de variações quanto ao deslocamento sazonal dentro das populações (Posso et al. 2012). Nosso trabalho se restringiu à determinação do comportamento migratório em nível de

espécie, i.e. não contempla as variações existentes dentro das espécies, devido à limitação imposta pela natureza dos dados de ciência-cidadã do eBird. No entanto, tais especificidades podem ser investigadas futuramente utilizando dados de campo e com o uso de equipamentos de rastreamento, por exemplo. Os dados analisados no presente estudo também permitiram ordenar as espécies ao longo do gradiente entre seguidoras e alternadoras de nicho climático, sendo a Saí-andorinha (*T. viridis*) a única possível de ser considerada principalmente como alternadora.

O clima pode afetar a ocorrência das espécies em um determinado local por efeitos diretos (fisiologia) e indiretos (disponibilidade de recurso) (Pearson e Dawson 2003; Crick 2004). Considerando que a produtividade primária está relacionada à temperatura média e precipitação (Williams e Middleton 2008), a disponibilidade dos recursos alimentares em uma dada região deve variar em resposta às variações sazonais destas variáveis climáticas. Deste modo, as variações dos fatores climáticos influenciam indiretamente a ocorrência de espécies em um local pela influência direta do clima na disponibilidade de alimento. Além disso, a permanência de uma espécie em um determinado local também é influenciada diretamente pelo clima, já que estes fatores afetam a fisiologia do animal (Berthold 1993; Somveille et al. 2015). A média de precipitação mensal nos sítios de reprodução das espécies foi maior do que nos sítios não-reprodutivos, o que pode ser relacionado à maior demanda de alimento durante o período de nidificação (Zurell et al. 2018b). Os regimes de precipitação influenciam a manutenção de recursos (e.g. insetos) na Amazônia (Jahn et al. 2013), o que pode justificar os registros de *E. varius* e *M. maculatus* nestes locais durante o período não-reprodutivo.

Quanto à temperatura, apenas *E. varius* e *M. maculatus* reproduzem-se em locais com temperatura mensal média menor do que nos sítios onde não se reproduzem, em oposição ao padrão observado nas demais espécies, que nidificam em sítios com temperatura mensal média maior que os sítios de não-reprodução. Estas são características que indicam as diferentes adequabilidades dos habitats de acordo com a necessidade fisiológica de cada espécie em relação aos períodos reprodutivos e não-reprodutivos (Marra et al. 2005; Rappole 2013). As demais espécies insetívoras (*T. melancholicus*, *S. ruficollis*, *P. tapera* e *P. chalybea*) seguiram a disponibilidade de recursos dada às influências do clima e mostraram que ocorrem em sítios de reprodução com temperaturas médias maiores àquelas dos sítios de não-reprodução. Dentre as oito espécies, o gavião-caramujeiro é o único com alimentação especializada primariamente em moluscos (Donney e Beissinger 1993), justificando sua distribuição geográfica mais diferenciada, com ocorrências próximas à áreas alagadas como o Pantanal. No entanto, as características climáticas dos sítios de reprodução e não-reprodução

foram semelhantes à maioria das espécies-modelo. A única espécie frugívora e nectarívora estudada, *T. viridis* (Barçante et al. 2017), apresentou as menores temperaturas médias em ambos os períodos reprodutivo e não-reprodutivo (23.0°C e 21.7°C respectivamente). Somado com a sobreposição espacial de 57%, que indica proximidade entre os sítios de reprodução e não-reprodução da espécie, sugere-se uma possível migração altitudinal, comportamento apontado previamente (Barçante et al. 2017). Dessa forma, sua sobreposição espacial junto aos diferentes regimes de precipitação entre os sítios, sugere que a espécie não se reproduz em locais montanhosos frios e secos, e se desloca para locais de menor altitude, de maiores temperaturas e mais chuvosos para se reproduzir (Stotz et al. 1996).

Os fatores que induzem as espécies migratórias a buscarem por habitats com características similares ou distintas ao longo de seu ciclo anual ainda são pouco conhecidos (Somveille et al. 2015; Zurell et al. 2018). No entanto, é evidente que a escolha por determinados locais está relacionada às características climáticas do habitat adequadas à sobrevivência da espécie (Gunnarsson et al. 2006). As oito espécies investigadas no presente estudo apresentaram alguma porcentagem de sobreposição para pelo menos uma das duas variáveis climáticas analisadas: temperatura média. A única espécie que alternou as amplitudes pluviométricas de maneira bem expressiva nos diferentes sítios foi *T. viridis*. Essa diferença na espécie torna-a alternadora de nicho climático, porém apenas para a variável precipitação, e seguidora em relação à temperatura, o que pode estar relacionado à disponibilidade de alimento, já que a precipitação influencia os mecanismos de frutificação (Williams and Middleton 2008), seu principal alimento. Adicionalmente, as elipses climáticas do gavião-caramujeiro, suiriri e da andorinha-doméstica-grande mostram maior amplitude para precipitação do que temperatura. As elipses climáticas dessas quatro espécies reforçam evidências de estudos com outras espécies migratórias neotropicais de que a precipitação é a variável que mais influencia a migração nas aves do sistema Neotropical-Austral, quando comparado à temperatura mensal média (Chambers et al. 2014; Macpherson et al. 2018). Em relação às médias climáticas, os resultados evidenciam a importância da pluviosidade na migração Neotropical-Austral já que as oito espécies estudadas mostraram diferenças significativas nas precipitações médias mensais experienciadas entre períodos, mas sem diferença nas temperaturas médias entre os sítios reprodutivos e não-reprodutivos.

Os resultados encontrados no presente trabalho refinam o que foi indicado sobre as oito espécies por Somenzari et al. (2018). As evidências sobre o comportamento de migração obrigatória de *E. varius* e *M. maculatus* são apresentadas pela primeira vez no presente estudo, refinando a definição até então existente para as espécies (Somenzari et al. 2018). Os registros

do eBird possibilitaram o aprofundamento sobre os sítios reprodutivos e não-reprodutivos das oito espécies de aves migratórias estudadas, bem como as características ambientais relacionadas às suas ocorrências. É válido lembrar que as extensões de ocorrência das espécies estudadas vão além do limite político dos países, assim essa sobreposição de registros de diferentes períodos no mesmo local pode ser proveniente de populações que não estão presentes no Brasil durante todo o ciclo anual, e sim apenas em uma parte dele. A abordagem em ampla escala geográfica utilizada no presente estudo serve de orientação para estudos futuros que utilizem os resultados apresentados como ponto de partida para refinar em menores escalas (e.g. geográfica e em nível individual ou populacional) o conhecimento sobre as variações dos deslocamentos das espécies-modelo do estudo. Assim, o uso de ferramentas de monitoramento individual em estudos em menores escalas aumentaria a precisão dos dados, possibilitando também maior certeza quanto aos habitats e variações microclimáticas a que os indivíduos estejam submetidos.

## Referências

- ALVES, M. A. S. Sistemas de migrantes de aves em ambientes terrestres no Brasil: exemplos, lacunas e propostas para o avanço do conhecimento. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v.15, n. 2, p. 231–38, 2007.
- BADDELEY A.; TURNER R.; RUBAK E. Spatstat: An R package for analyzing spatial point patterns, 2018.
- BARÇANTE L.; VALE. M. M.; ALVES, M. A. S. Altitudinal migration by birds: a review of the literature and a comprehensive list of species. **Journal of Field Ornithology**, v. 88, (4): 321–35, 2017.
- BERTHOLD, P. **Bird Migration: A General Survey**. Nova Iorque: Oxford University Press on Demand, 1993.
- BONNEY R.; PHILLIPS, T.B.; BALLARD, L.H.; ENCK, J.W. Can citizen science enhance public understanding of science? **Public Understanding of Science**, v. 25, n. 1, p. 2-16, 2016.
- BOTH, C.; ARTEMYEV, A. V. BLAAUW, B.; COWIE, R. J.; DEKHUIJZEN, A. J.; EEVA, T. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 271, n. 1549, p. 1657-1662, 2004.
- BROWN, D. R.; SHERRY, T.W. Food supply controls the body condition of a migrant bird wintering in the tropics. **Oecologia**, v. 149, p. 22–32, 2006.
- BURGMAN, M. A.; FOX, J. C. Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning. **Animal Conservation**, v. 6, p. 19–28, 2003.
- CAZETTA, E.; RUBIM, P.; LUNARDI, V. O.; FRANCISCO, M. R.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes de *Talauma ovata* (Magnoliaceae) no sudeste brasileiro. **Ararajuba**, v. 10, n. 2, p.199-206, 2002.
- CHAMBERS, L. E., BEAUMONT, L. J.; HUDSON, I. L. Continental scale analysis of bird migration timing: influences of climate and life history traits - a generalized mixture model clustering and discriminant approach. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 6, p. 1147–62, 2014.
- CHESSER, R. T. Migration in South America: an overview of the Austral System. **Bird Conservation International**, v. 4, p. 91–107, 1994.
- COOPER, C. B.; SHIRK, J.; ZUCKERBERG, B. The invisible prevalence of citizen science in global research: migratory birds and climate change. **PLoS ONE**, v. 9, n. 9, p. 1-5 2014.

CRICK, H. Q. P. The impact of climate change on birds. **Ibis**, v. 146, p. 48-56, 2004.

CULP, L. A.; COHEN, E. B.; SCARPIGNATO, A. L.; THOGMARTIN, W. E.; MARRA, P. P. Full annual cycle climate change vulnerability assessment for migratory birds. **Ecosphere**, v. 8, n. 3, p. 1–22, 2017.

DICKINSON, J. L.; SHIRK, J.; BONTER, D.; BONNEY, R.; CRAIN, R. L.; MARTIN, J.; PHILLIPS, T.; PURCELL, K. The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 10, n. 6, p. 291–97, 2012.

DICKINSON, J. L. ZUCKERBERG, B.; BONTER, D. N. Citizen science as an ecological research tool: challenges and benefits. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 41, p. 149–172, 2010.

DINGLE, H.; DRAKE, V. A. What Is Migration? **BioScience**, v. 57, n. 2, p. 113–121, 2007.

DONNAY, T. J.; BEISSINGER, S. R. Apple snail (*Pomacea doliodes*) and freshwater crab (*Dilocarcinus dentatus*) population fluctuations in the Llanos of Venezuela. **Biotropica** v. 25, n.2, p.206-214, 1993.

EBIRD. Understanding the eBird review and data quality process. Disponível em <<https://help.ebird.org/customer/portal/articles/1055676>>. Acesso em 13 abril 2019.

EBIRD. What is eBird? Disponível em <[https://help.ebird.org/customer/en/portal/articles/973841-what-is-ebird-?b\\_id=1928](https://help.ebird.org/customer/en/portal/articles/973841-what-is-ebird-?b_id=1928)>. Acesso em 13 abril 2019.

FAABORG, J.; HOLMES, R. T.; ANDERS, A. D.; BILDSTEIN, K. L.; DUGGER, K. M.; GAUTHREAUX, S. A.; HOBSON, K. A.; Recent advances in understanding migration systems of New World Land birds. **Ecological Monographs**, v. 80, n. 1, p. 3–48, 2010a.

FAABORG, J.; HOLMES, R. T.; ANDERS, D.; BILDSTEIN, K. L.; DUGGER, K. M.; GAUTHREAUX, S. A.; HEGLUND, P. Conserving migratory landbirds in the New World: Do we know enough? **Ecological Applications**, v. 20, n. 2, p. 398–418, 2010b.

FRANCISCO, M. R.; GALETTI, M. Consumo dos frutos de *Davilla rugosa* (Dilleniaceae) por aves numa área de cerrado em São Carlos, Estado de São Paulo. **Ararajuba**, v. 10, n. 2, p. 193-198, 2002.

GAUTHREAUX, S. A. Bird migration: methodologies and major research trajectories. **The Condor**, v. 98, n. 2, p. 442–453, 1996.

GUNNARSSON, T. G.; GILL, J. A.; ATKINSON, W.; PHILIP, G. G.; POTTS, P.; CROGER, R. E.; GUDMUNDSSON, G. A.; APPLETON, G. F.; SUTHERLAND, W. J. Population-

scale drivers of individual arrival times in migratory birds. **Journal of Animal Ecology**, v. 75, p. 1119–1127, 2006.

HAZEL, A. J.; VENABLES, B. L. Can island specialists succeed as urban pioneers? Pied imperial-pigeons provide a case study. **Wildlife Research**, v. 44, n. 1, p. 40–47, 2017.

ISAAC, N. J. B.; STRIEN, A. J. V.; AUGUST, T. A.; ZEEUW, M. P.; ROY, D. B. Statistics for citizen science: extracting signals of change from noisy ecological data. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 5, n. 10, p. 1052–1060, 2014.

JAHN, A. E.; LEVEY, D. J.; CUETO, V. R.; LEDEZMA, J. P.; DIEGO, T.; FOX, J. W.; MASSON, D. Long-distance bird migration within South America revealed by light-level geolocators. **The Auk**, v. 130, n. 2, p. 223–229, 2013.

JAHN, A. E.; LEVEY, D. J.; SMITH, K. G. Reflections across hemispheres: A system-wide approach to New World bird migration. **The Auk**, v. 121, n. 4, p. 1005–1013, 2004.

LA SORTE, F. A.; FINK, D.; HOCHACHKA, W. M.; DELONG, J. P.; KELLING, S. Spring phenology of ecological productivity contributes to the use of looped migration strategies by birds. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, p. 1–9, 2014.

LA SORTE, F. A.; FINK, D.; JOHNSTON, A. Seasonal associations with novel climates for North American migratory bird populations. **Ecology Letters**, v. 21, n. 6, p. 845–856, 2018.

LAUBE, I.; GRAHAM, C. H.; BÖHNING-GAESE, K. Niche availability in space and time: migration in sylvia warblers. **Journal of Biogeography**, v. 42, p. 1896–1906, 2015.

MACPHERSON, M. P.; JAHN, A. E.; MURPHY, M. T.; KIM, D. H.; CUETO, V. R.; HILL, E. D. Follow the rain? Environmental drivers of Tyrannus migration across the New World. **The Auk**, v. 135, p. 1–15, 2018.

MARRA, P. P.; FRANCIS, C. M.; MULVIHILL, R. S.; MOORE, F. R. The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration. **Oecologia**, v. 142, n. 2, p. 307–315, 2005.

MARTÍNEZ-MEYER, E.; PETERSON, A. T.; NAVARRO-SIGÜENZA, A. G. Evolution of seasonal ecological niches in the *Passerina buntings* (Aves: Cardinalidae). **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 271, p. 1151–1157, 2004.

NAKAZAWA, Y.; PETERSON, A. T.; NAVARRO-SIGÜENZA, A. G. Seasonal niches of nearctic-neotropical migratory birds: implications for the evolution of migration birds. **The Auk**, v. 121, n. 2, p. 610–618, 2004.

NEWTON, I. **The Migration Ecology of Birds**. Londres: Elsevier, 2008.

NIEHAUS, A. C.; YDENBERG, R. C. Ecological factors associated with the breeding and migratory phenology of high-latitude breeding Western Sandpipers. **Polar Biology**, v. 30, p. 11–17, 2006.

PEARSON, R. G., DAWSON, T. P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? **Global Ecology and Biogeography**, v. 12, n. 5, p. 361–371, 2003.

POSSO, S. R.; CINTRA, F. B.; FRIAS, J. Temporal influence on foraging strategies, territoriality and nomadic tendencies of Snail Kite, *Rostrhamus sociabilis* (Viellot, 1817) in an urban Neotropical wetland. **Brazilian Journal Biology**, v.72, n.2, p.235-241, 2012.

RAPPOLE, J. **The Avian Migrant**. Nova Iorque: Columbia University Press, 2013.

SAVE BRASIL. Agora o Brasil tem um portal do eBird. Disponível em <<http://www.savebrasil.org.br/agora-o-brasil-tem-um-portal-do-ebird/>>. Acesso em 13 abril 2019.

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

SOMENZARI, M.; AMARAL, P. P.; CUETO, V. R.; GUARALDO, A. C.; JAHN, A.; LIMA, D. M.; MARTINEZ, J.; LUIZ, J.; PACHECO, J. F.; PALUDO, D. An overview of migratory birds in Brazil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 58, p. 1-66, 2018.

SOMVEILLE, M.; RODRIGUES, A. S. L.; MANICA, A. Why do birds migrate? A macroecological perspective. **Global Ecology and Biogeography**, v. 24, n. 6, p. 664–674, 2015.

SULLIVAN, B. L.; AYCRIGG, J. L.; BARRY, J. H.; BONNEY, R. E.; BRUNS N.; COOPER, C. B.; DAMOULAS, T. The eBird enterprise: an integrated approach to development and application of citizen science. **Biological Conservation**, v. 169, p. 31–40, 2014.

THORUP, K.; TOTTRUP, A. P.; WILLEMOES, M.; KLAASSEN, R. H. G.; STRANDBERG, R.; VEGA, M. L.; DASARI, H. P.; ARAÚJO, M. B.; WIKELSKI, M.; RAHBEK, C. Resource tracking within and across continents in long-distance bird migrants. **Science Advances**, v. 3, n. 1, p. 1–11, 2017.

TOEWS, D. P. L.; HEAVYSIDE, J.; IRWIN, D. E. Linking the wintering and breeding grounds of warblers along the Pacific flyway. **Ecology and Evolution**, v. 7, n. 17, p. 6649–6658, 2017.

TURNER, A.; ROSE, C. **A Handbook to the Swallows and Martins of the World**. Londres: A&C Black, 1989.

USUI, T.; BUTCHART, S. H. M.; PHILLIMORE, A. B. Temporal shifts and temperature sensitivity of avian spring migratory phenology: a phylogenetic meta-analysis. **Journal of Animal Ecology**, v. 86, n. 2, p. 250–261, 2017.

VAN DOREN, B. M.; HORTON, K. G. DOKTER, A. M.; KLINCK, H.; ELBIN, S. B. High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration. **PNAS**, v. 114, n. 42, p. 11175-11180, 2017.

WALKER, J.; TAYLOR, P. D. Using eBird data to model population change of migratory bird species. **Avian Conservation and Ecology**, v. 12, n. 1, p. 1-24, 2017.

WHELAN, C. J.; ŞEKERCIOGLU, C. H.; WENNY, D. G. Bird Ecosystem Services - Economic Ornithology for the 21st Century. In: **Why Birds Matter: Avian Ecological Functions and Ecosystem Services**. Chicago e Londres: University of Chicago Press, 2016. p. 1-26.

WILCOVE, D. S.; WIKELSKI, M. Going, Going, Gone: Is Animal Migration. **Plos Biology**, v. 6, n. 7, p. 1361-1364, 2008.

WILLIAMS, S. E.; MIDDLETON, J. Climatic seasonality, resource bottlenecks, and abundance of rainforest birds: implications for global climate change. **Diversity and Distributions**, v. 14, p. 69–77, 2008.

ZURELL, D.; GALLIEN, L.; GRAHAM, C. H.; ZIMMERMANN, N. E. Do long-distance migratory birds track their niche through seasons? **Journal of biogeography**, v. 45, n. 7, p. 1459-1468, 2018a.

ZURELL, D.; GRAHAM, C. H.; GALLIEN, L.; THUILLER, W.; ZIMMERMANN, N. E. Long-distance migratory birds threatened by multiple independent risks from global change. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 11, p. 992–996, 2018b.