



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

GUILHERME WILLRICH

**ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA MARIA-CATARINENSE
(*HEMITRICCUS KAEMPFERI*), UM ENDEMISMO DA MATA
ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL**

Londrina
2019

GUILHERME WILLRICH

**ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA MARIA-CATARINENSE
(*HEMITRICCUS KAEMPFERI*), UM ENDEMISMO DA MATA
ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, como requisito para obtenção do Título de Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Robalinho Lima.

Londrina
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

W739 Willrich, Guilherme.
ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA MARIA-CATARINENSE (HEMITRICCUS KAEMPFERI), UM ENDEMISMO DA MATA ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL / Guilherme Willrich. - Londrina, 2019.
177 f.

Orientador: Marcos Robalinho Lima.
Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Hemitriccus kaempferi - Tese. 2. Ecologia - Tese. 3. Conservação - Tese. 4. Espécies ameaçadas - Tese. I. Robalinho Lima, Marcos. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

CDU 574

GUILHERME WILLRICH

**ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA MARIA-CATARINENSE
(*HEMITRICCUS KAEMPFERI*), UM ENDEMISMO DA MATA
ATLÂNTICA DO SUL DO BRASIL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Marcos Robalinho Lima
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Gustavo Monteiro Teixeira
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Carlos Eduardo de Alvarenga Júlio
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Miguel Ângelo Marini
Universidade de Brasília - UnB

Prof. Dr. Carlos Barros de Araújo
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 06 de dezembro de 2019

AGRADECIMENTOS

Quatro anos! Este foi o tempo necessário para que eu completasse essa importante etapa da minha vida, o doutorado. Sem dúvida não teria chegado até o fim sem o apoio de pessoas incríveis pelo caminho, a quem tenho muito a agradecer! Acredito que agradecer nos faz crescer como pessoas, e conseqüentemente como pesquisadores. Afinal, agradecer é reconhecer que não conquistamos nada sozinhos e que sempre precisaremos de apoio para conseguir alcançar nossos objetivos. Minha lista de agradecimentos é certamente grande, e espero conseguir lembrar de todas aquelas pessoas que de alguma forma contribuíram para meu crescimento como pessoa e pesquisador.

Agradeço primeiramente a minha família! Aos meus queridos pais Dieter e Silvana, pelo amor e apoio incondicional durante toda a minha vida! Também a minha namorada Mariana, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis e que me apoiou em todas as decisões! Aos meus irmãos Henrique, Emili e Lucas, minha cunhada Dani e minha afilhada Selena! Sem o suporte de todos vocês seria muito difícil completar esta longa e árdua etapa! Agradeço também a todos os meus familiares, em especial aos meus avós, que acreditaram em mim e que me incentivaram a concluir o doutorado. Amo todos vocês!

Agradeço ao meu amigo e orientador Marcos Robalinho Lima, por ter me aceitado como aluno, ter apoiado o desenvolvimento deste projeto mesmo com inúmeras incertezas e pelas inestimáveis contribuições para minha formação. Também ao meu segundo orientador no doutorado, Luiz dos Anjos, pela acolhida em Londrina desde o mestrado e por todas as contribuições diretas e indiretas com a tese. Agradeço a ambos pela amizade, paciência, dedicação e todo o suporte para que esta tese se tornasse realidade.

Aos amigos do Laboratório de Ornitologia e Biacústica e do Laboratório de Ecologia Evolutiva da UEL, Gabriel, Ricardo, Lari, Gabi, Tati, Carol, Gui e Alan, por sempre me receberem tão bem em Londrina, pelas conversas, risadas, trocas de experiência e apoio para a

realização da tese. Em especial, a Ricardo Adelino, pelos inestimáveis auxílios para a construção do modelo de distribuição de espécies. Também aos alunos do programa de pós graduação que de alguma forma contribuíram em minha passagem pelo doutorado, seja nas disciplinas, atividades fora de sala ou conversas pelos corredores da UEL. A Rafael Barros por auxiliar na identificação de alguns insetos que compõe a dieta da espécie estudada.

Aos amigos de longa data de Brusque, Floripa ou aqueles que já estão espalhados pelo Brasil! Que mesmo estando a grandes distâncias, compartilharam das alegrias e sofrimentos, e sempre me incentivaram! Não vou citar nomes pois corro o risco de esquecer alguém, o que seria muito injusto! Mas eles sabem quem são e sabem que podem contar comigo sempre que precisarem!

Aos amigos ornitólogos Fernando Farias e Alexandre Grose, por todo o auxílio de campo e passarinhadas por Joinville, que fizeram meus dias lá serem menos solitários. Além disso, detemos o recorde de Santa Catarina no Big Day, com 260 espécies observadas em um só dia! Também a Vilde Florencio pelas passarinhadas e incentivo com o estudo. A Rodrigo V. Muhlen, observador de aves e organizador do evento Observa Joinville, pelo convite para palestrar nas edições do evento e assim poder compartilhar informações com a comunidade de observadores de aves de SC.

A todos os ornitólogos e observadores de aves que gentilmente compartilharam informações sobre as coordenadas geográficas de seus registros de *Hemitriccus kaempferi*, para que pudéssemos desenvolver o primeiro capítulo desta tese. Sem dúvidas a contribuição de vocês será inestimável para a conservação dessa espécie. Como foram muitas pessoas, deixarei a lista de nomes apenas na tabela do material suplementar do capítulo 1 desta tese. Agradeço, em especial, aos ornitólogos Ricardo Belmonte-Lopes, Marcos R. Bornschein e Evair Legal, co-autores do primeiro capítulo desta tese, por dividir suas valiosas informações conosco.

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina, por todo o suporte oferecido de modo a possibilitar minha formação. Ao corpo de Professores docentes por todo o auxílio e contribuições durante os seis anos de mestrado e doutorado.

Aos professores, tanto da UEL como de outras instituições, que dispuseram de seu tempo e dedicação para avaliar esta tese em diferentes oportunidades, desde o processo de seleção do doutorado, qualificação e defesa, e que contribuíram de forma positiva para o meu crescimento e para a melhoria do presente estudo.

Agradeço também ao IBAMA e CEMAVE pela concessão de licenças ambientais e anilhas metálicas para o desenvolvimento dos estudos de campo. Também à Polícia Militar do município de Joinville, assim como aos Srs. Hilário e Ditmar, por autorizarem os estudos em suas propriedades.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal em Nível Superior - Brasil (CAPES, Código de Financiamento 001) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq, nº 407703 2016-7).

Por fim, agradeço à Maria Alice, Luci, Mário Sérgio, Felipe, Quirido, Orelha, Amarelo, Mario, Mário César, Brasuca, Mancha, Nina, Coragem, Viki, Maria Lúcia, Mario Alfredo, Maria Madalena, Blue, Dexter, Bruxa e aos 5 filhotes não nomeados. Estes foram os indivíduos de *Hemitriccus kaempferi* acompanhados em campo, cujo monitoramento resultou no capítulo 2 desta tese.

Dedico esta tese aos meus pais, Dieter e Silvana

WILLRICH, Guilherme. **Ecologia e conservação da maria-catarinense (*Hemitriccus kaempferi*), um endemismo da Mata Atlântica do sul do Brasil**. 2019. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

O mundo está enfrentando uma crise de perda de espécies, e a prevenção de extinções é uma questão urgente. Para tal, é necessário traçar estratégias de conservação para espécies em risco de extinção. No entanto, tais estratégias devem ser baseadas em uma riqueza de informações ecológicas, que muitas vezes não são conhecidas para a maioria das espécies. O presente estudo, teve como objetivos investigar aspectos ecológicos e de história natural de *Hemitriccus kaempferi* (maria-catarinense), uma espécie de ave ameaçada de extinção e endêmica da Mata Atlântica do sul do Brasil, de modo a contribuir futuramente para sua conservação. Primeiramente, por meio do uso de modelos de distribuição de espécies buscou-se identificar as áreas com maior adequabilidade para a espécie e também elucidar sua distribuição geográfica atual. Adicionalmente estimou-se a proporção de habitat remanescente e a proporção de sua distribuição geográfica coberta por unidades de conservação. Em um segundo momento, por meio do monitoramento populacional, buscou-se descrever diversos aspectos de sua história natural, que incluem: i) área de vida; ii) estratégias de forrageio; iii) dieta e; iv) biologia reprodutiva. De acordo com o modelo de distribuição de espécies, as áreas com maior adequação ambiental para *H. kaempferi* estão restritas às florestas de baixa altitude do litoral sul do estado do Paraná e litoral centro-norte do estado de Santa Catarina, no sul do Brasil. A distribuição prevista abrange uma área de 7.905km², dos quais apenas 45,26% estão cobertos por floresta e 10,11% por reservas. A distribuição geográfica atual foi baseada em 166 localidades de ocorrência e abrange uma área de 6.298,803 km² (80% da distribuição prevista), dos quais 43,89% e 9,31% são cobertos por florestas e reservas, respectivamente. Devido à distribuição restrita, grande perda de habitat e pequena cobertura de reservas, ações de conservação precisam se concentrar urgentemente na preservação dos remanescentes florestais, programas de restauração de habitat, estabelecimento de novas áreas protegidas e conscientização de cidadãos. Em relação ao monitoramento populacional, foram observadas diferenças no comportamento entre os sexos, com machos extremamente territorialistas e fêmeas que não defendem territórios e executam sozinhas todas as atividades reprodutivas, incluindo construção de ninho, incubação e cuidado parental. A área de vida média dos indivíduos foi de $0,77 \pm 0,36$ ha, segundo o método de mínimo polígono convexo, e $1,88 \pm 0,59$ ha segundo o estimador de Kernel fixo (95%). Alguns machos partilharam sua área de vida com uma ou duas fêmeas, enquanto outros não partilharam com nenhuma. Em relação às estratégias de forrageio e dieta, foram observadas sete estratégias de forrageio para a espécie, sendo "upward striking" a mais utilizada (76%). Além disso, 11 ordens de artrópodes foram consumidas pela espécie, com prevalência das ordens Lepidoptera e Coleoptera. Em relação à biologia reprodutiva, ninhos desta espécie se assemelharam aos ninhos descritos previamente para o gênero, possuindo formato de bolsa fechada, oval e fixação superior e lateral. Ovos foram descritos pela primeira vez. As informações obtidas no presente estudo sugerem que a espécie apresente um sistema de acasalamento polígamico com defesa de recursos.

Palavras-chave: área de vida; biologia reprodutiva; dieta; distribuição restrita; estratégias de forrageio; habitat remanescente; história natural; modelo de distribuição de espécies; monitoramento populacional; ninho; ovo.

WILLRICH, Guilherme. **Ecology and conservation of the Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*), an endemism of the Atlantic Forest biome in the south of Brazil.** 2019. 177pp. Thesis (Doctorate degree in Biological Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

The world is facing a remarkable crisis regarding the loss of species, and the prevention of species extinctions is an urgent matter. This requires the development of conservation strategies for endangered species. However, such strategies need to be based on a wealth of ecological information, which is often absent for most of the targeted species. In the present study we aimed to investigate ecological and natural history aspects of the Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*), an endangered and endemic species of the Atlantic Forest biome, in order to contribute to its future conservation. First, we use species distribution models to assess the most suitable areas for its occurrence and also to elucidate its current geographic distribution. Additionally, we estimated the proportion of habitat remaining and how much of it is located within protected areas. Secondly, through population monitoring and the use of capture and banding methods, we aimed to describe different aspects of the species natural history, including: i) home range; ii) foraging strategies; iii) diet and; iv) reproductive biology. According to the species distribution model model, current suitable areas for *H. kaempferi* are restricted to the lowlands of the south coast of Paraná state and north and central coast of Santa Catarina state, in the south of Brazil. The predicted distribution encompasses an area of 7,905km², of which only 45.26% is currently covered by forest and 10.11% is covered by reserves. The current geographic distribution was based on 166 localities where the species was recorded, which encompasses an area of 6,298.803 km² (80% of the predicted distribution), out of which 43.89% and 9.31% is covered by forest and reserves, respectively. Due to its restricted-range, great habitat loss and small coverage of reserves, conservation actions need to focus urgently on the conservation of the remaining forest fragments, habitat restoration programs, establishment of new protected areas and citizen awareness. Regarding the species' population monitoring, we observed behavioural differences between sexes, with males being extremely territorialist while females did not defend territories and were solely responsible for all of the reproductive activities, including nest construction, incubation and parental care. The average home range of the individuals was 0.77 ± 0.36 ha according to the minimum convex polygon method, and 1.88 ± 0.59 according to the fixed Kernel (95%). Some males shared their home ranges with one or two females, while others had no females sharing their home range. The species presented seven different foraging strategies with upward striking being the most frequent (76%). In addition, 11 arthropods orders were identified as food items, with higher prevalence for the orders Lepidoptera and Coleoptera. Regarding the species' reproductive biology, its nests resemble previously described nests for the genus, and are closed (lateral entrance), ovoid and has a superior and lateral fixation. Eggs were described for the first time for the species. The informations obtained in the present study suggests that the species presents a resource-defence polygenic mating system.

Keywords: diet; egg; foraging strategies; habitat remaining; home-range; natural history; nest; population monitoring; reproductive biology; restricted range; species distribution model.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

INTRODUÇÃO GERAL

- Figura 1** – Maria-catarinense (*Hemitriccus kaempferi*). Foto: Guilherme Willrich.....22

CAPÍTULO 1

- Figure 1** – Correlation between model suitability and the environmental variables: Isothermality (Bio03); Temperature seasonality (Bio04); Mean temperature of the warmest quarter (Bio10); Annual precipitation (Bio12); Precipitation of the driest month (Bio14) and; Altitude45
- Figure 2** – Potential habitat suitability for *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil. A) Overall mean of all algorithms used in the model. Map sections: B) south coast of Paraná state; C) north coast of Santa Catarina state and; D) central coast of Santa Catarina state. Regions: 1) Guaratuba Bay; 2) northeast coast of Santa Catarina; 3) Itajaí-Açu hydrographic basin; 4) Itajaí-Mirim hydrographic basin; 5) Tijucas hydrographic basin and; 6) Biguaçu hydrographic basin; 7) Santa Catarina Island; 8) Serra do Tabuleiro mountains. Low suitability values are represented by pink colour while high suitability values are in green. AFB = Atlantic Forest biome Points = species records. Red points = species records retained for model building after thinning procedure. Black points = species records not used for model building47
- Figure 3** – Final binary map of the potential distribution of *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil, considering only the occurrence of the species predicted by at least two modelling algorithms. For all modelling algorithms see Supplementary Figure 1.....48
- Figure 4** – Maps of predicted (A, C and E) and current distribution (B, D and F) of *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil. A) Binary map of the predicted distribution of *H. kaempferi* with all 166 records and minimum convex polygon; B) Map of the species' current distribution (AOO, green only) by overlapping the predicted

distribution map and the minimum convex polygon for all the species' records; C) Forest cover remaining in the predicted distribution; D) Forest cover remaining in the current distribution; E) Predicted distribution covered by protected areas; F) Current distribution covered by protected areas. Red lines are the limits of the polygon. Blue lines are the limits of protected areas (all categories). Black points are the records obtained using field survey, literature, contact with researchers and birdwatchers, and online databases. Yellow points are occurrence records obtained in 2018 field surveys, which were conducted after model construction. PR = Paraná state. SC = Santa Catarina state51

Supplementary Figure 1 – Sum of the binary maps of the four algorithms used for modelling the potential distribution of *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil. Colours represent the occurrence of the species predicted by: white = zero modelling algorithms; blue = one modelling algorithm; green = two modelling algorithms; yellow = three modelling algorithms and; red = four modelling algorithms69

Supplementary Figure 2 – Records of Kaempfer's Tody-Tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) obtained from field surveys, literature, online databases and contact with researchers until December 2017. A) all records with specific coordinates. B) red dots correspond to points retained for modelling the species potential distribution after the pre-selecting procedure (see methods in the main paper); black dots correspond to points not used for modelling after the selection procedure77

Supplementary Figure 3 – Localities visited between October and December 2018 to search for the Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) after modelling the species' distribution. In green the binary map of the species potential distribution in southern Brazil. Red dots correspond to localities in which the species was not found. Blue dots correspond to novel localities where the species was found85

CAPÍTULO 2

Figura 1 – Áreas de estudo localizadas no município de Joinville, litoral norte do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. SER = área localizada na

	Estrada Serrinha (26°19'31,1"S, 48°58'14,0"W; 25 ha; 30-75 m a.n.m.). ART = área localizada na Estrada Arataca (26°18'57,4"S, 48°53'58,1"W; 15 ha; 10-20 m a.n.m)	93
Figura 2 –	Área de vida de indivíduos da espécie <i>Hemitriccus kaempferi</i> marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2016 na área de estudo ART, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo	106
Figura 3 –	Área de vida de indivíduos da espécie <i>Hemitriccus kaempferi</i> marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2017 na área de estudo ART, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Linhas coloridas pontilhadas = fêmeas. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo	107
Figura 4 –	Área de vida de indivíduos da espécie <i>Hemitriccus kaempferi</i> marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2016 na área de estudo SER, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Linhas coloridas pontilhadas = fêmeas. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo	109
Figura 5 –	Área de vida de indivíduos da espécie <i>Hemitriccus kaempferi</i> marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2017 na área de estudo SER, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Linhas coloridas pontilhadas = fêmeas. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo	110

- Figura 6** – Ninho de *Hemitriccus kaempferi* encontrado em 22/11/2016 (N1; CAUFSC 386) na localidade da Serrinha, município de Joinville, litoral norte do estado de Santa Catarina. A) foto do ninho finalizado. B) ninhego no momento em que deixou o ninho em 23/11/2016..... 115
- Figura 7** – Ninho de *Hemitriccus kaempferi* encontrado em 06/09/2017 (N2; CAUFSC 387) na localidade da Serrinha, município de Joinville, litoral norte do estado de Santa Catarina. A) ninho finalizado. B) ninho em processo de construção (foto de 08/09/2017) 116
- Figura 8** – Materiais utilizados na construção do ninho de *Hemitriccus kaempferi*. A) indivíduo (fêmea; HK_MA) trazendo musgo verde vivo para adicionar à parede externa do ninho. B) indivíduo trazendo material plumoso (sementes aladas) para forrar a câmara de incubação. C) filamento de musgo verde vivo; D) rizomorfo fúngico; E) filamentos vegetais secos; F) gravetos. Escala em centímetros (cm)..... 120
- Figura 9** – Vista frontal (N2) e lateral (N1) do ninho de *Hemitriccus kaempferi*, com representações e métricas de cada ninho (N1/N2). Linha tracejada indica a câmara interna de deposição e incubação de ovos 121
- Figura 10** – Ovos e ninhegos de *Hemitriccus kaempferi*. A) Ovo retirado do ninho e fotografado em 24/09/2017. B) Postura do segundo ovo em 25/09/2017. C) Nascimento do primeiro ninhego em 14/10/2017, e o segundo ovo ainda não eclodido. Imagens B e C obtidas com microcâmara de cabo flexível (tipo sonda). Escala em centímetros (cm)..... 124
- Figura 11** – Diferentes fases dos filhotes de *Hemitriccus kaempferi* após deixarem o ninho em 03 de novembro de 2017. Figuras (A), (B) e (C) correspondem aos filhotes com respectivamente sete, 13 e 19 dias fora do ninho. Figura (D) mostra cauda em desenvolvimento de um dos filhotes sem a presença de manchas negras na porção terminal das retrizes, enquanto a figura (E) mostra a cauda da fêmea (indivíduo adulto) com manchas negras (seta vermelha) 125
- Figura 12** – Indivíduo adulto (fêmea) de *Hemitriccus kaempferi* recolhendo saco fecal diretamente da cloaca do filhote com 15 dias de permanência no ninho 128

- Figura 13** – Itens alimentares entregues a filhotes de *Hemitriccus kaempferi* em eventos de alimentação no ninho e fora do mesmo. Ordens de Classe Insecta: A) Coleoptera; B) Diptera (Tipulidae); C) Orthoptera; D) Odonata; E) Lepidoptera (larva) e F) Lepidoptera (adulto). Figuras A, B, C e E mostram o poleiro comumente utilizado pela fêmea antes de acessar o ninho 129
- Figura 14** – Eventos de tentativa de alimentação e manipulação de alimentos por filhotes de *Hemitriccus kaempferi*. A e B) predação de item alimentar (seta vermelha) preso a uma teia de aranha usando a técnica *pearch gleaning*. C) manipulação de semente alada (não consumida). D) fêmea entregando inseto (provavelmente Blattodea) para ser manipulada pelo filhote antes da ingestão 132
- Figura 15** – Sinais de muda detectados em indivíduos recapturados de *Hemitriccus kaempferi* em novembro (A e B - indivíduo HK_DEX) e dezembro (C e D - indivíduo HK_MAR) de 2017. A) retrizes desgastadas com quebra de ráquis (seta vermelha); B) rêmiges desgastadas com quebra de ráquis e barbas (seta vermelha) e também crescimento de novas rêmiges (seta azul); C) crescimento de novas rêmiges (seta azul); D) desenvolvimento de coberteiras da asa (seta verde) 139
- Figura 16** – Retrizes de indivíduos adultos e jovens de *Hemitriccus kaempferi* capturados em Joinville, Santa Catarina. A) Macho (HK_LUC) com manchas negras nas 3 retrizes mais externas. B) Macho (HK_FEL) com manchas negras nas 2 retrizes mais externas. C) Fêmea (HK_BRU) com manchas negras nas três retrizes mais externas. D) Fêmea (HK_NIN) com manchas negras nas duas retrizes mais externas. E) Indivíduo HK_MAR capturado em 2016 sem manchas nas retrizes. F) Indivíduo HK_MAR recapturado em 2017 com manchas nas retrizes 140

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Table 1** – Mean partial AUC ratio and threshold values (sensitivity = specificity) for each of the four algorithms used to model the potential distribution of *Hemitriccus kaempferi*. Also, the relative importance of each environmental variable used in the model44
- Table 2** – Remaining forest cover and the proportion of the geographic distribution of *Hemitriccus kaempferi* currently under protection. SC = Santa Catarina state; PR = Paraná state. AGL = all government levels; FR = federal reserves only. Protection required was calculated according to Rodrigues et al. (2004) and Marini et al. (2010).....50
- Supplementary Table 1** – Records of Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) with specific geographic coordinates (decimal degree) obtained from field surveys, literature, online databases and contact with researchers until December 2017. Model = records (assigned with an "X") used for modelling species potential distribution after the pre-selecting procedure (see methods in the main paper). Voucher = vouchers are presented when possible, and include literature (Zimmer et al. 1953, Teixeira et al. 1991, Barnett et al. 2000), online databases (WikiAves.com.br = WA + number; ebird.org = e-bird + number), museum specimens (MZUSP = Zoology Museum of the University of São Paulo) and a researcher's private database (VQP + number = Vitor de Queiroz Piacentini database)70
- Supplementary Table 2** – Records of Kempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) obtained between October and December 2018, after modelling the species potential distribution. Some of the records were deposited in the website Wikiaves.com.br and vouchers are presented as WA + number.....78
- Supplementary Table 3** – Localities visited between October and December 2018, where Kaempfer's Tody Tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) was not found.....79

CAPÍTULO 2

- Tabela 1** – Indivíduos de *Hemitriccus kaempferi* marcados nas áreas de estudo (ART e SER): 1) código individual; 2) ano de monitoramento; 3) sexo; 4) tempo de monitoramento animal-focal (min); 5) nº de pontos utilizados no cálculo de área de vida e 6) tamanho de área de vida (hectares) segundo os métodos MPC (100%) e Kernel (95%). (*) indivíduos monitorados nas duas estações reprodutivas (2016 e 2017)..... 103
- Tabela 2** – Ocorrência temporal dos indivíduos de *Hemitriccus kaempferi* anilhados nas duas áreas de estudo (ART e SER) durante os períodos de agosto e dezembro dos anos de 2016 e 2017. Códigos dos indivíduos seguem a Tabela 1. Códigos em negrito indicam indivíduos presentes nas duas estações reprodutivas. Áreas de estudo estão localizadas no município de Joinville, Santa Cararina, Brasil..... 104
- Tabela 3** – Estratégias de forrageio empregadas por indivíduos da espécie *Hemitriccus kaempferi* durante a estação reprodutiva de 2017. As estratégias de forrageio seguem Fitzpatrick (1980): U.S. = *upward striking*; D.S. = *downward striking*; P.G. = *pearch gleaning*; U.H. = *upward hover-gleaning*; D.H. = *downward hover-gleaning*; A.H. = *aerial hawking*; H.U.D. = *hang-upsidedown*..... 114
- Tabela 4** – Métricas obtidas para cada ninho de *Hemitriccus kaempferi*. N1 = ninho encontrado em 22/11/2016. N2 = ninho encontrado em 06/09/2017 119
- Tabela 5** – Dieta de filhotes de *Hemitriccus kaempferi* em eventos de alimentação no ninho e fora do mesmo 128
- Tabela 6** – Comparação entre medidas morfométricas de machos e fêmeas de *Hemitriccus kaempferi*. Medidas morfométricas baseadas em Ross (2010). M = média. DP = desvio padrão. N = normalidade dos dados (Shapiro-Wilk). H = homogeneidade de variâncias (Teste F). Para diferenças significativas (em negrito) foi considerado $P \leq 0,0055$ (correção para testes múltiplos de acordo com o método de Bonferroni)..... 137

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	21
REFERÊNCIAS.....	25
CAPÍTULO 1. ASSESSING THE CURRENT DISTRIBUTION AND POTENTIAL HABITAT AVAILABILITY FOR <i>Hemitriccus kaempferi</i>: A RESTRICTED-RANGE AND THREATENED SPECIES FROM THE ATLANTIC RAINFOREST	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
INTRODUCTION	32
MATERIAL AND METHODS	34
Target Species.....	34
Study Area.....	35
Data Collection	36
Environmental Variables.....	37
Model Calibration and Evaluation.....	38
Binary Maps and Spatial Analysis	39
New Occurrence Data and Current Distribution.....	41
RESULTS.....	42
DISCUSSION	52
Suitability Model.....	52
Current Distribution	53
Habitat Loss and Protected Áreas	54
Conservation Actions	56
Final Considerations.....	58
ACKNOWLEDGEMENTS	59
REFERENCES	59
SUPPLEMENTARY MATERIAL.....	69
CAPÍTULO 2. ECOLOGIA E BIOLOGIA REPRODUTIVA DE <i>HEMITRICCUS KAEMPFERI</i> (ZIMMER, 1953)	86

RESUMO	87
ABSTRACT	88
INTRODUÇÃO	89
MATERIAIS E MÉTODOS	91
Áreas de Estudo	91
Captura e Marcação de Indivíduos.....	93
Área de Vida.....	94
Comportamento Alimentar, Estratégias de Forrageio e Dieta.....	97
Busca e Monitoramento de Ninhos	98
Outros Aspectos Ecológicos Durante a Estação Reprodutiva	99
RESULTADOS	100
Captura, Monitoramento e Comportamento de Indivíduos	100
Área de Vida	102
Comportamento Alimentar, Estratégias de Forrageio e Dieta.....	102
Reprodução	114
<i>Resultados gerais</i>	114
<i>Descrição de côrte e cópula</i>	116
<i>Construção do ninho</i>	117
<i>Descrição do ninho</i>	118
<i>Postura, período de incubação e permanência de filhotes</i>	119
<i>Descrição de ovos e filhotes</i>	122
<i>Informações adicionais sobre cuidado parental</i>	126
<i>Aprendizado de filhotes</i>	130
Outros Aspectos Ecológicos Durante a Estação Reprodutiva	133
<i>Defesa, disputas e invasões territoriais</i>	133
<i>Comportamento anti-predador e interações com outras aves</i>	134
<i>Manutenção de plumagem e banho</i>	135
<i>Morfometria, muda e outros aspectos da plumagem</i>	136
DISCUSSÃO	141
Resultados Gerais.....	141
Comportamento de Machos, Fêmeas e Jovens Durante a Estação Reprodutiva.....	142
Área de Vida	143
Forrageio e Dieta.....	148

Reprodução	152
Outros Aspectos Ecológicos Durante a Estação Reprodutiva	158
<i>Defesa, disputas e invasões territoriais</i>	158
<i>Comportamento anti-predador e interações com outras aves</i>	158
<i>Manutenção de plumagem e banho</i>	160
<i>Morfometria e muda de plumagem</i>	161
CONSIDERAÇÕES FINAIS	164
AGRADECIMENTOS	165
REFERÊNCIAS	165

INTRODUÇÃO GERAL

Estimativas recentes indicam a existência de aproximadamente 8,7 milhões de espécies em todo o globo, das quais apenas 14% das espécies terrestres e 9% das espécies marinhas foram descritas pela ciência (MORA et al., 2011). Em relação as aves, estimativas baseadas em dados moleculares indicam que o número de espécies existente pode atingir até o dobro do número atual (BARROWCLOUGH et al., 2016). Isto indica que estamos distantes de descrever por completo a biodiversidade do planeta, mesmo após 250 anos de classificação taxonômica (MORA et al., 2011). Somado ao avanço lento na descrição de espécies, está o déficit de conhecimento sobre a história natural das espécies e suas relações com o meio ambiente (GREENE, 2005; ABLE, 2016). Por exemplo, em relação à biologia reprodutiva das aves (um dos grupos taxonômicos mais bem estudados), XIAO et al. (2017) apontam que conhecemos de modo satisfatório apenas 30% das espécies do globo em relação a três parâmetros reprodutivos fundamentais: tamanho da postura, período de incubação e período de permanência de filhotes no ninho.

Isto é preocupante pois o mundo vem enfrentando uma grande crise de perda de espécies (BARNOSKY et al., 2011; CEBALLOS et al., 2015), e identificar os elementos da biodiversidade e suas relações com o ambiente são pré-requisitos fundamentais para sua conservação (DAYTON, 2003; GREENE, 2005; FLEISCHNER, 2005; BARROWCLOUGH et al., 2016). Ou seja, podemos estar perdendo espécies sem ao menos conhecê-las ou sem compreender suas exigências ecológicas para que possamos garantir sua conservação (DAYTON, 2003).

Nesse contexto, o levantamento de informações a respeito da ecologia de uma espécie em questão é essencial para avaliar seu risco de extinção (IUCN, 2012) e traçar estratégias para sua conservação (LIMA et al., 2010). Alguns aspectos importantes para delinear tais estratégias incluem, por exemplo, a compreensão da distribuição geográfica da espécie,

estimativas de tamanho populacional, informações sobre história natural (e.g. sucesso reprodutivo, identificação de recursos para sobrevivência) e identificação das principais ameaças (LIMA et al., 2010; IUCN, 2012). Assim, é possível desenhar estratégias que podem envolver, por exemplo, a demarcação de áreas protegidas, recuperação de áreas degradadas, o manejo das espécies (e.g. manejo genético) e do ambiente, entre outras.

Justamente com o objetivo de traçar estratégias para a conservação da biodiversidade brasileira, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) vem elaborando e implementando Planos de Ação Nacionais (PAN) para conservação das espécies ameaçadas de extinção no Brasil (ICMBIO, 2018). Entre eles, o PAN para Conservação das Aves da Mata Atlântica está em fase de elaboração, e ambrange 104 táxons ameaçados de extinção e 22 táxons considerados quase ameaçados (ICMBIO, 2018). Entre as diversas espécies de aves ameaçadas abrangidas por este PAN encontra-se *Hemitriccus kaempferi* (Maria-catarinense; Figura 1), um pequeno passeriforme restrito a Mata Atlântica litorânea dos estados de Santa Catarina e Paraná (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2019).



Figura 1. Maria-catarinense (*Hemitriccus kaempferi*). Foto: Guilherme Willrich

A espécie foi descoberta apenas na metade do século XX após a revisão de um único exemplar coletado por Emil Kaempfer em junho de 1929 na região de Salto Pirai, município de Joinville, Santa Catarina (ZIMMER, 1953), e foi inicialmente descrita como uma subespécie de *Hemitriccus mirandae* (maria-do-nordeste). Somente após a revisão do gênero proposta por FITZPATRICK (1976), que *H. kaempferi* foi devidamente reconhecida como uma espécie. Diferenças na plumagem e a distância de mais de dois mil quilômetros entre os exemplares de *H. mirandae* e *H. kaempferi* foram determinantes na validação da espécie (FITZPATRICK, 1976).

O exemplar coletado em 1929 era o único conhecido para a espécie até que TEIXEIRA et al. (1991) localizaram outro espécime depositado no Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, coletado em 1950 por H.F. Berla no município de Brusque, Santa Catarina. Por volta dos anos 90 e início de 2000, novos registros foram obtidos em poucos municípios do litoral dos estados do Paraná (BORNSCHEIN e REINERT apud BENCKE et al., 2006; CARRANO, 2006) e Santa Catarina (BARNETT et al., 2000; BUZZETTI et al., 2004; BENCKE et al., 2006; GHIZONI-JR e AZEVEDO, 2006). Com o objetivo de elucidar a distribuição da espécie, BELMONTE-LOPES et al. (2010) fizeram esforços para localizar a espécie em diversas localidades no litoral de ambos os estados, e a espécie foi localizada em apenas 42 locais dos 168 investigados. Atualmente, a área de distribuição da espécie é restrita a áreas de baixa altitude do litoral destes dois estados (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2019), o que deixa claro a natureza endêmica e restrita dessa espécie.

Em sua área de distribuição, *H. kaempferi* habita áreas de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas próximas a corpos d'água (BARNETT et al., 2000), principalmente entre altitudes que variam de 0 e 150m (BELMONTE-LOPES et al., 2010). Este tipo de ambiente na região litorânea de ambos os estados tem sido fortemente degradado por atividades

antrópicas, como a forte expansão urbana nas últimas décadas, principalmente em SC (PEREIRA, 2003), e substituição dos habitats naturais por atividades agrossilvopastoris (MEYER et al., 2013). A perda de habitat (pelas mais diversas formas de uso do solo) é citada como a principal ameaça a maria-catarinense (BARNETT et al., 2000; MICKICH e BÉRNILS, 2004; BELMONTE-LOPES et al., 2010; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2019).

Os fatores acima expostos contribuem para que esta espécie seja considerada ameaçada de extinção nas mais diversas esferas. No nível global e nacional a espécie é classificada como "Vulnerável" (PIACENTINI, 2018; BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2019). Além disso, regionalmente tem sido considerada "Criticamente em perigo" no estado do Paraná (MICKICH e BÉRNILS, 2004) e "Vulnerável" em Santa Catarina (CONSEMA, 2011).

Apesar dos recentes avanços no conhecimento sobre a distribuição de *H. kaempferi*, muitos aspectos de sua ecologia ainda carecem de informações (BUZZETTI et al., 2004; PIACENTINI, 2018). A própria distribuição da espécie não é totalmente conhecida, sendo que novos registros são conhecidos a aproximadamente 50km ao sul da sua atual área de distribuição reconhecida pela BIRDLIFE INTERNATIONAL (2019) (Guilherme Willrich *obs. pess.*; ver também Wikiaves.com.br). Além disso, apenas BARNETT et al. (2000) e BUZZETTI et al. (2004) descreveram alguns aspectos básicos da história natural dessa espécie com base em observações pontuais de poucos indivíduos. Alguns destes aspectos são: a descrição de um único ninho; relatos sobre hábitos de forrageio e; aspectos preliminares sobre vocalizações da espécie. Portanto, existe uma grande lacuna sobre o conhecimento da ecologia desta espécie (BUZZETTI et al. 2004; PIACENTINI, 2018), o que pode dificultar ações de conservação e manejo (LIMA et al., 2010).

Assim, no presente estudo, buscou-se investigar diversos aspectos ecológicos e de história natural de *H. kaempferi* para contribuir futuramente com a sua conservação.

Primeiramente, por meio do uso de modelos de distribuição de espécies buscou-se identificar as áreas com maior adequabilidade ambiental para a espécie, assim como elucidar sua distribuição geográfica atual (Capítulo 1). Adicionalmente estimamos a proporção de habitat remanescente e a proporção de sua distribuição geográfica atualmente coberta por reservas. Em um segundo momento, por meio do monitoramento populacional e métodos de captura e marcação (Capítulo 2), buscou-se descrever diversos aspectos da história natural da espécie, que incluem: i) área de vida; ii) estratégias de forrageio; iii) dieta e; iv) biologia reprodutiva.

REFERÊNCIAS

ABLE, K. W. Natural history: an approach whose time has come, passed, and needs to be resurrected. *ICES Journal of Marine Science*, v. 73, p. 2150 - 2155, 2016. doi:10.1093/icesjms/fsw049

BARNETT, J.M.; KIRWAN, G.M.; PEARMAN, M.; NAKA, L.N.; TOBIAS, J.A. Rediscovery and subsequent observations of Kaempferi's Tody-tyrant *Hemitriccus kaempferi* in Santa Catarina, Brazil, with notes on conservation, life history and plumage. *Bird Conservation International*, v. 10, p. 371-379, 2000. doi: 10.1017/S0959270900000320

BARNOSKI, A.D.; MATZKE, N.; TOMYIA, S.; WOGAN, G.O.U.; SWARTZ, B.; QUENTAL, T.B.; MARSHALL, C.; MCGUIRE, J.L.; LINDSEY, E.L.; MAGUIRE, K.C.; MERSEY, B.; FERRER, E.A. Has the Earth's six mass extinction already arrived? *Nature*, v. 471, p. 51-57, 2011. doi:10.1038/nature09678

BARROWCLOUGH, G.F.; CRACRAFT, J.; KLICKA, J.; ZINK, R.M. How many kinds of birds are there and why it matter? *Plos One*, v. 11, e0166307, 2016. doi:10.1371/journal.pone.0166307

BENCKE, G.A.; MAURICIO, G.N.; DEVELEY, P.F.; GOERCK, J.M. *Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil. Parte 1 – Estados do Domínio da Mata Atlântica*. São Paulo: SAVE Brasil, 2006. 517 p.

BELMONTE-LOPES, R.; BORNSCHEIN, M.R.; REINERT, B.L. Distribution and habitat of endangered Atlantic Forest endemic, the Kaempfer tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) (Tyrannidae). In: MYIAKI, C.Y.; HOFLING, E.; DONATELLI, R.J. (orgs.). *Abstracts of the 25th International Ornithological Congress*. Campos do Jordão: IOC, 2010. p. 869.

BIRDLIFE INTERNATIONAL. *IUCN Red List for birds*. <<http://www.birdlife.org>>. 2019

BUZZETTI, D.R.C.; BARNETT, J.M.; KIRWAN, G.M. Kaempferi's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*). *Cotinga*, v. 20, p. 95-97, 2004.

CARRANO, E. *Composição e conservação da avifauna na Floresta Estadual do Palmito, município de Paranaguá, Paraná*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Paraná, 2006. 125 p.

CEBALLOS, G.; EHRLICH, P.R.; BARNOSKY, A.D.; GARCÍA, A.; PRNGLE, R.M.; PALMER, T.M. Accelerated modern human-induced species losses: entering the six mass extinction. *Science Advances*, v. 1, e1400253, 2015. doi: 10.1126/sciadv.1400253

CONSEMA – Conselho Estadual do Meio Ambiente. *Resolução nº 02/2011 – Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras Providências*. Florianópolis: CONSEMA/SDS, 2011.

DAYTON, P.K. The importance of natural sciences to conservation. *The American Naturalist*, v. 162, p. 1-13, 2003. doi: 10.1086/376572

FITZPATRICK, J.W. Systematics and biogeography of the Tyrannid genus *Todirostrum* and

related genera (Aves). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, v. 147, p. 435-463, 1976.

FLEISCHNER, T.L. Natural history and deep roots of resource management. *Natural Resources Journal*, v. 45, p. 1-13, 2005.

GHIZONI-JR, I.R.; AZEVEDO, M.A.G. Composição de bandos mistos de aves florestais de sub-bosque em áreas de encosta e planície da Floresta Atlântica de Santa Catarina, sul do Brasil. *Biotemas*, v. 19, p.47-53, 2006.

GREENE, H.W. Organisms in nature as a central focus for biology. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 20, p. 23-27, 2005. doi:10.1016/j.tree.2004.11.005

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Sumário executivo do Plano de Ação Nacional para a conservação das aves da Mata Atlântica*. Brasília: ICMBio/MMA, 2018. 10 p.

IUCN. *IUCN red list categories and criteria: version 3.1*. Gland, Switzerland and Cambridge: IUCN, 2012. 38p.

LIMA, F.P.; MUNIZ, J.N.; MARCO-JÚNIOR, P. Evaluating Brazilian conservation projects: the weak link between practice and theory. *Natureza & Conservação*, v. 8, p. 41-45, 2010. doi:10.4322/natcon.00801006

MEYER, L.; GASPER, A.L.; SEVEGNANI, L.; SCHORN, L.A.; VIBRANS, A.C.; LINGNER, D.V.; VERDI, M.; SANTOS, A.S.; DREVECK, S.; KORTE, A. Regeneração natural da Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. In: VIBRANS, A.C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A.L.; LINGNER, D.V. (eds.). *Inventário florestal de Santa Catarina: volume IV - Floresta Ombrófila Densa*. Blumenau, Edifurb, 2013, p. 203-247.

MIKICH, S.B. & BÉRNILS R.B. *Livro vermelho da fauna ameaçada no estado do Paraná*. Instituto Ambiental do Paraná: Curitiba, 2004. 764 p.

MORA, C.; TITTENSOR, D.P.; ADL, S.; SIMPSOM, A.G.B.; WORM, B. How many species are there on Earth and in the Ocean? *PLoS Biology*, v. 8, e1001127, 2011. doi:10.1371/journal.pbio.1001127.t001

PEREIRA, R.M.F.A. Formação sócio-espacial do litoral de Santa Catarina (Brasil): gênese e transformações recentes. *Geosul*, v. 18, p. 99-129, 2003.

PIACENTINI, V.Q. *Hemitriccus kaempferi* (Zimmer, 1953). In: ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: volume III - aves*. Brasília, ICMBio/MMA, 2018, p. 530-532.

TEIXEIRA, D.M.; NACINOVIC, J.B.; SCHLOEMP, I.M. Notas sobre alguns Passeriformes brasileiros pouco conhecidos. *Revista Brasileira de Ornithologia*, v. 2, p. 97-100, 1991.

XIAO, H.; HU, Y.; LANG, Z.; FANG, B.; GUO, W.; ZHANG, Q.; PAN, X.; LU, X. How much do we know about the breeding biology of bird species in the world? *Journal of Avian Biology*, v. 48, p. 513-518, 2017. doi:10.1111/jav.00934

ZIMMER, J.T. Notes on Tyrant Flycatchers (Tyrannidae). *American Museum Novitates*, v.1605, p. 1-16, 1953.

CAPÍTULO 1

Assessing the current distribution and potential habitat availability for *Hemitriccus kaempferi*: a restricted-range and threatened species from the Atlantic rainforest

Guilherme Willrich; Ricardo Belmonte-Lopes; Marcos Ricardo Bornschein; Evair Legal; José Ricardo Pires Adelino; Luiz dos Anjos & Marcos Robalinho Lima

Capítulo redigido segundo as normas do periódico *Bird Conservation International*, disponíveis em: <https://www.cambridge.org/core/journals/bird-conservation-international/information/instructions-contributors>

Resumo

Distúrbios antrópicos têm ameaçado a biodiversidade global, e espécies com distribuições geográficas restritas ou pequenos tamanhos populacionais estão mais propensas a extinção. A prevenção de extinções locais e globais é uma questão urgente e requer conhecimento sobre a ecologia e distribuição de espécies ameaçadas para delinear estratégias de conservação. No presente estudo, foi investigada a distribuição geográfica potencial e atual de uma espécie de ave ameaçada de extinção e endêmica do bioma da Mata Atlântica - Maria-catarinense (*Hemitriccus kaempferi*) - para auxiliar no delineamento de esforços para sua conservação. Primeiro, foram utilizados modelos de distribuição de espécies (SDM) para avaliar a distribuição potencial e áreas com maior adequabilidade ambiental para a espécie e assim orientar buscas em campo. Em seguida, estabelecemos a distribuição geográfica atual de *H. kaempferi* e estimamos a proporção de habitat remanescente e a cobertura de reservas para as duas distribuições, potencial e atual. De acordo com o modelo gerado, as áreas com maior adequação ambiental para *H. kaempferi* estão restritas às florestas de baixa altitude do litoral sul do estado do Paraná e litoral centro-norte do estado de Santa Catarina, no sul do Brasil. A distribuição prevista abrange uma área de 7.905km², dos quais apenas 45,26% estão cobertos por floresta e 10,11% por reservas. A distribuição geográfica atual foi baseada em 166 localidades de ocorrência e abrange uma área de 6.298,803 km² (80% da distribuição prevista), dos quais 43,89% e 9,31% são cobertos por florestas e reservas, respectivamente. A cobertura de reservas necessária para proteger adequadamente a espécie foi estimada em 70%. A presença da espécie foi confirmada em apenas oito áreas protegidas e uma grande proporção das áreas mais adequadas no estado de Santa Catarina carece de reservas. Devido à distribuição restrita, grande perda de habitat e pequena cobertura de reservas, ações de conservação precisam se concentrar urgentemente na preservação dos remanescentes florestais, programas de restauração de habitat, estabelecimento de novas áreas protegidas e conscientização de cidadãos.

Palavras-chave: áreas protegidas; cobertura florestal; distribuição geográfica; Maria-catarinense; SDM;

Abstract

Human disturbances are threatening biodiversity worldwide, and species with restricted geographic distribution or with small populations sizes are more likely to becoming extinct. The prevention of local and global extinctions is an urgent matter and requires knowledge on the ecology and distribution of threatened species to outline conservation strategies. In this study, we investigated the potential and current geographic distribution of a threatened and endemic bird species of the Atlantic Forest biome - the Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) - to aid in the delineation of conservation efforts for the species. First, we used species distribution model (SDM) to assess the species' potential geographic distribution and environmentally suitable areas to guide field surveys efforts. Then, we established the current geographic distribution of *H. kaempferi* and estimated the proportion of habitat remaining and how much of it is located within reserves. According to the suitability model, current suitable areas for *H. kaempferi* are restricted to the lowlands of the south coast of Paraná state and in the north and central coast of Santa Catarina state, in the south of Brazil. The predicted distribution encompasses an area of 7,905km², of which only 45.26% is currently covered by forest and 10.11% is covered by reserves. The current geographic distribution was based on 166 localities where the species was recorded, which encompasses an area of 6,298.803 km² (80% of the predicted distribution), out of which 43.89% and 9.31% is covered by forest and reserves, respectively. Reserves coverage required to adequately protect the species was estimated in 70% of predicted area. The species' presence was confirmed in only eight protected areas and a great proportion of the highest suitable areas in Santa Catarina state lack reserves. Due to its restricted-range, great habitat loss and small coverage of reserves, conservation actions need to focus urgently on the conservation of remaining forest fragments, habitat restoration programs, establishment of new protected areas and citizen awareness.

Key-words: Kaempfer's Tody-tyrant; SDM; geographic distribution; forest cover; protected areas.

Introduction

The world is facing a remarkable loss of biodiversity with the "sixth mass extinction" currently under way (Barnosky *et al.* 2011, Ceballos *et al.* 2015). Current rates of species loss, for example, are up to 100 times higher than pre-human background extinction rates (Ceballos *et al.* 2015). Threats to biodiversity include habitat loss and fragmentation (Haddad *et al.* 2015), hunting and illegal trade (Ripple *et al.* 2017), pollution (Wilcox *et al.* 2015, Sanderfoot and Holloway 2017), pesticides (Eng *et al.* 2017), invasive alien species (Doherty *et al.* 2016) and climate change (Urban 2015).

Although these threats affect biodiversity worldwide, they have a stronger impact on rare species, which are species with small population sizes or that have a restricted geographic distribution (Gaston 1994, Harris and Pimm 2008, Bohm *et al.* 2016, Fitzpatrick and Rodewald 2016, Ripple *et al.* 2017). This is because rare species will generally present high habitat specialization, narrow tolerance to abiotic conditions and sometimes low dispersal capability, making their populations more sensitive to human disturbances (Sodhi *et al.* 2009, Fitzpatrick and Rodewald 2016). Moreover, populations of species with restricted distribution ranges will be more vulnerable to stochastic events (Sodhi *et al.* 2009). Therefore, conservation efforts towards rare species are particularly important to avoid biodiversity loss. However, to prevent local and global extinctions, conservation biologists require basic knowledge on the ecology of species, which is usually absent for many rare and endemic species.

An important basic ecological aspect to be considered in the development of conservation efforts is the distributional range of a threatened species. This is important because it allows the evaluation of the species' current distribution regarding several landscape attributes. For example, conservation biologists can determine the proportion of remaining habitat and how much of it actually consists of protected areas. With this approach

it is possible to outline specific conservation goals for targeted species, which in turn will help in the development of appropriate management strategies (Rodriguez *et al.* 2004, Harris and Pimm 2008, Lima *et al.* 2010). In this sense, Species Distribution Models (SDM) is an important tool that can be applied towards attaining the required conservation goals (Guisan *et al.* 2013, Franklin 2013). SDM allows not only the assessment of the potential distribution of a given species, but also which areas are deemed more suitable for the occurrence of a particular species. Moreover, SDM can be used to limit potential search area of field surveys and improve the discovery of population in new localities (Fois *et al.* 2015), which in turn can fill in the gaps of a species distributional range (Franklin 2013). This allows the identification of critical habitats for species' persistence and can also guide the delineation and establishment of protected areas (Guisan *et al.* 2013).

The aim of the present study was to use SDM to assess the potential and current geographic distribution of a threatened and endemic bird species of the Atlantic Forest biome, the Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*). Until the 90's data on this species was based only on two specimens from southern Brazil: (i) the holotype collected by Emil Kaempfer in the municipality of Joinville, Santa Catarina state, south of Brazil (Zimmer 1953), and (ii) a second specimen collected in the municipality of Brusque, also in Santa Catarina state (Teixeira *et al.* 1991). New observations of the species in the states of Santa Catarina and Paraná (southern Brazil) were made after 1990 by ornithologists (e.g. Barnett *et al.* 2000, Bencke *et al.* 2006, Ghizoni-Jr and Azevedo 2006, present authors) and birdwatchers (for example, see WikiAves.com.br). The species is currently considered restricted to the coastal lowland forests that occur in the states of Santa Catarina and Paraná (BirdLife International 2019). The region has been highly degraded by human activities in the last decades, mainly due to urban expansion and replacement of natural habitats by livestock and agriculture (Pereira 2003, Meyer *et al.* 2013), both of which are considered as the main

threats to *H. kaempferi* (Barnett *et al.* 2000, Piacentini 2018, BirdLife International 2019). Habitat loss together with the species' narrow geographic range led IUCN and Brazilian agencies to classify the species as "Vulnerable" to extinction (Piacentini 2018, BirdLife International 2019).

Despite the increasing knowledge on the geographic range of *H. kaempferi* in the last two decades, a broad assessment of its distribution and the identification of the most suitable areas for its occurrence are still a necessity. Moreover, it is also important to properly assess the current proportion of remaining habitat for this species and verify how much of its habitat is within protected areas to guide conservation actions towards *H. kaempferi*. Therefore, our main goals in the present study were: i) to model the species potential geographic distribution and indicate the most suitable areas for the occurrence of *H. kaempferi*; ii) establish the current geographic distribution of *H. kaempferi*, and; iii) to estimate the proportion of forest and reserve cover for both the predicted and current distribution of *H. kaempferi*.

Material and methods

Target species

The Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) is a small passerine that currently belongs to the family Rhynchocyclidae, which is phylogenetically related to the Tyrannidae family (Tello *et al.* 2009). The species is endemic to the Atlantic Forest biome, being restricted to the coast of Santa Catarina and Paraná, which are states located in the south of Brazil (BirdLife International 2019). In its range, the species inhabits lowland forests (mainly between 0 and 150m a.s.l.), especially near rivers and streams, but also secondary growth forests and forest edges (Barnett *et al.* 2000, Buzzeti *et al.* 2004, Piacentini 2018). Knowledge on the species' ecology is scarce (Buzzeti *et al.* 2004, Piacentini 2018), and information published in the scientific literature is based on occasional observations (e.g.

Barnett et al. 2000, Buzzeti *et al.* 2004).

Study area

The study area was confined to the states of Paraná and Santa Catarina, southern Brazil, because of the species' restricted distributional range. Both states are inside the domains of the Atlantic Forest biome and have similar topography and vegetation. The coastal region of these states is comprised of lowlands located between the Atlantic Ocean and the slopes of two mountain ranges, Serra do Mar (located in Paraná and Santa Catarina) and Serra Geral (located in Santa Catarina) (Ulmann et al. 2012). These lowlands and the eastern slopes of both mountain ranges are covered by dense rain forest (DF), a forest type of the Atlantic Forest (Ulmann et al. 2012). In these coastal lowlands, there is also the presence of other vegetation types, such as mangroves and *restingas* near the Atlantic Ocean (Ulmann et al. 2012). The mountain ranges separate DF from another typical forest type of the Atlantic Forest biome, the mixed rain forest (MF), which occurs from the western slopes of Serra do Mar and Serra Geral to the interior of the states of Paraná and Santa Catarina. This forest type prevails in high altitudes and cold climatic conditions (Backes 2009). Sometimes the highlands constitute of a mosaic formed by MF and natural grasslands (NG). In both states there is also the presence of the seasonal semideciduous forest (SF), which occurs in the southwestern region of the Atlantic Forest. The extent used for modelling the species' distribution was 25° to 28.5°S and 47° to 51°W (WGS84 projection; see Figure 2). Within the extent, forest types consisted mainly of DF, between the coast and slopes of Serra do Mar and Serra Geral, but also areas of MF and NG at high altitudes in the interior of both states.

Data collection

Species occurrence data were collected from different sources: 1) field surveys; 2) literature; 3) contact with researchers and birdwatchers; and 4) online databases. Field surveys were carried out in different occasions between 2008 and 2017, by visiting different areas along the coast of the states of Paraná and Santa Catarina with altitudes ranging from zero to 300 m, which is mentioned as suitable for the occurrence of the species (Barnett *et al.* 2000, Buzzetti *et al.* 2004). In each visited area, we used playbacks to attract individuals. The visits were concentrated between the months of August and January, which is the period that the species consistently answers to playback (Authors *pers. obs.*). Literature search was based on published papers that mentioned the species, including studies that were not directed towards sampling the species (e.g. Ghizoni-Jr and Azevedo 2006). Researchers, birdwatchers and online databases, such as WikiAves (wikiaves.com.br) and eBird (ebird.org), were also verified to obtain additional occurrence records. Regarding the online databases, we only used records that were published until 2017 and that presented the appropriate documentation (either a photographs or sound recording) that allows checking for potential misidentification of the species. When documentation or specific geographic coordinates of the records in online databases (and also in the literature) were not available, we contacted the authors that recorded the species. In the cases where no answer was obtained from the authors, these records were discarded and, hence, only records with specific coordinates were retained.

Before modelling the distribution of the species, we used three steps to increase the independence between species occurrence data and reduce spatial autocorrelation (Boria *et al.* 2014; Supplementary Table 1). First, because several researchers and birdwatchers observed the species in the same areas, duplicate records were eliminated (i.e. records from the same locality). Second, very old records obtained before 1990 were discarded to avoid inaccuracies in geographic coordinates and also to avoid using points from past climatic conditions (Reside

et al. 2011). Third, the remaining occurrence points in the dataset were thinned using a spatial filter as implemented with the package *spThin* (Aiello-Lammens *et al.* 2015) in the software R version 3.5.1 (R Core Team 2018). The thinning procedure was executed with 100 interactions and we adopted a minimum distance of 5km between the records. The thinning distance was chosen as not to reduce too much the dataset for model calibration due to the small geographic distribution of *H. kaempferi*. After obtaining the final dataset (see results), 75% of the points were used in model calibration and 25% in model evaluation (see below).

Environmental variables

A total of 20 environmental predictors were obtained at a resolution of 30 arc seconds (~ 1 km² resolution at the equator): the 19 bioclimatic variables from WorldClim (version 2.0; worldclim.org; Fick and Hijmans 2017) and altitude (GTOPO30) from USGS (Earth Resources Observation and Science Center 1997). Because of the potential correlation between the environmental predictors, which can affect the independence of the predictor variables, and because many statistical models are sensitive to collinearity problems (Dormann *et al.* 2013), we pre-selected the environmental variables using the variation inflation factor (VIF) procedure (Naimi and Araujo 2016, Guissan *et al.* 2017). This method measures how strong the correlation of each variable is to the other variables, and how each variable can be explained by the rest (i.e. how much each variable inflates the variation) (Naimi and Araujo 2016, Guissan *et al.* 2017). The procedure initially calculates a VIF value for each predictor variable and exclude the predictor with the highest VIF value. This step is then repeated until all strongly collinear variables are eliminated using a VIF value threshold of 10, that is, until all the remaining variables to be used as predictors in the model have a VIF value lower than 10 (Naimi and Araujo 2016, Guissan *et al.* 2017). The automated procedure was executed using the function *vifstep* of the package *usdm* (Naimi 2017) in software R

version 3.5.1 (R Core team 2018). The relative importance of each environmental predictor used in the model was also obtained using the *relaimpo* package (Groemping 2018) in R.

Model calibration and evaluation

There are many different kinds of algorithms used in SDM (Peterson *et al.* 2011) and there is no consensus regarding which algorithm is the best one (e.g. Segurado and Araújo 2004). Therefore, instead of using a single algorithm, Araujo and New (2007) suggest an approach called "ensemble forecasting". The aim of this approach is to use different algorithms to model species distribution and combine their forecasts into a single prediction (an ensemble), hence avoiding potential "errors" and biases that can arise from the use of a single modelling technique (Araujo and New 2007, Marmion *et al.* 2009).

Four algorithms were chosen to model the distribution of *H. kaempferi* due to their capacity of using presence only data (Peterson *et al.* 2011, Guisan *et al.* 2017), these were: Bioclim (Nix 1986), Domain (Carpenter *et al.* 1993), Support Vector Machine (Guo *et al.* 2005) and Maxent (Philips *et al.* 2006). For each modelling algorithm 100 replicates were built, resulting in a total of 400 models. Each replicate was evaluated using the partial area under the receiver operation curve (partial AUC; Peterson *et al.* 2008) with the software *Partial ROC* (Brave 2008). This procedure is suitable for presence only or presence/background data and aims to verify if the predictions generated by the models are better than random predictions (Peterson *et al.* 2008). To calculate the partial AUC for each model, 10,000 interactions were used with 50% of the test data re-sampled at each interaction with an acceptance error of 95%. After obtaining the partial AUC for each model, we calculated the partial AUC ratio, which consists in the ratio between the partial AUC of a given model and the partial AUC of a random model. Thus, models that present partial AUC ratio equal or lower than 1 (i.e. equals or worse than a random model) were discarded, while

models with values higher than 1 were retained (Peterson *et al.* 2008). A mean suitability value was then obtained from the retained replicates to build a final distribution model for each of the four algorithms used. The next step was to combine the final models of the four algorithms in a single model using the mean suitability of each grid cell to generate a final suitability map.

Binary maps and spatial analysis

SDMs produce maps with continuous values of environmental suitability, ranging from zero (no suitability) to one (the highest suitability). However, binary maps (presence/absence) are more practical for conservation purposes and a threshold value is needed to convert the continuous suitability values into a presence or absence map (Liu *et al.* 2005). We used the "sensitivity equals specificity" threshold to create binary maps for each of the four algorithms used (Liu *et al.* 2005). This approach was chosen because it considers false negative and false positive rates in a similar manner when determining the threshold value to be used in the construction of binary maps (Liu *et al.* 2005). We then overlapped the binary maps of each modelling algorithm and summed the values of each grid cell. This results in five possible values for each cell in the extent: i) zero, when no presence (absence) was predicted in the cell by the four modelling algorithms; ii) one, when presence was predicted by a single modelling algorithm; iii) two, when presence was predicted by two models; iv) three, when presence was predicted by three models; and v) four, when presence was predicted by all the models (Supplementary Figure 1). As a final step, grid cells with "zero" and "one" values were discarded and only grid cells predicted by at least two modelling algorithms were used to build a final binary map of the species' distribution. We adopted this conservative approach to avoid possible specific errors and biases of particular modelling algorithms.

The final binary map was then used to calculate the total area of the potential distribution (i.e., predicted distribution). We then overlapped the final binary map with a raster of the forest remnants of the Atlantic Forest Biome obtained from SOS Mata Atlântica (2016) to calculate the remaining forest cover in the predicted area. We also overlapped the final binary map with a raster of protected areas at the federal, state and municipality level, as well as private reserves, to calculate the proportion of the predicted area currently protected by the Brazilian law. The dataset was obtained from ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) and includes both categories of Brazilian protected areas: strictly protected areas (that include Federal National Parks, Ecological Stations, Biological Reserves, Natural Monument, Wildlife Refuges, and their equivalent areas under state and municipal administration) and less restrictive reserves of sustainable use (that include National Forests, Environmental Protection Area, Area of Relevant Ecological Interest, Sustainable Development Reserve, Fauna Reserve, Extractive Reserves and Private Natural Heritage Reserves) (BRASIL 2006). For a comparison between Brazilian protected areas and the categories established by IUCN see Rylands and Brandon (2005). The R package *geosphere* (Hijmans 2019) was used for area calculations.

To evaluate if *H. kaempferi* is adequately protected by reserves, we followed Rodrigues *et al.* (2004) and Marini *et al.* (2009) that suggested that species with narrow distributions (with an area equal or less than 1,000 km²) should have 100% of their range covered by reserves, while species with broad distributions (i.e. area greater than 250,000 km²) should have at least 10% of their range covered by reserves. For species with distributions ranging from 1,000 km² to 250,000 km², the proportion of area covered by reserves required to adequately protect a targeted species is obtained using a linear regression model (area of species distribution in $\log(x) = 13.04271 - 0.06135 * \% \text{ of protected area}$) that is fitted using only the extremes values, where the area of distribution is log-transformed (for

details see Rodrigues *et al.* 2004 and Marini *et al.* 2009).

New occurrence data and current distribution

After the construction of the final predictive binary map, we conducted an additional field survey in regions predicted as suitable for the occurrence of *H. kaempferi* but lacked occurrence records for the species. Field surveys were conducted between October and December 2018, mainly at the border of the species' potential distribution (binary map) and at areas that corresponded to gaps inside the distribution of the species.

In these areas we visited a given locality (e.g. a forest fragment) and conducted playback sessions at different points (i.e. a specific geographic coordinate) of this locality. The playback procedure in a specific point of a given locality consisted of 2 min of playback (see below) followed by 3 min of pause to wait for the species to respond. This procedure was repeated 3 times at the same point (total of 15 min per point), and if there was no response, the researcher moved to another point 250 m away from the first point (of the same locality) and repeated the procedure. In case of detection, the procedure was interrupted, and the observer moved to another locality (e.g. another forest fragment). The maximum time spent at each locality was one hour (i.e. 4 points sampled per locality). The playback procedure was made preferentially during the morning, from 7 h to 11 h, and during the afternoon, from 15 h to 19 h. The sound record used as playback consisted of a sequence of male calls, followed by female calls, crackles and calls of interactions between male and female, and lastly a male song. These sound recordings were obtained during the monitoring of two populations where individuals of the species were captured, banded, sexed and monitored over two reproductive seasons (2016 and 2017). Female vocalization and calls of interaction between sexes were used because playback sessions were conducted during the reproductive season of 2018 and males eagerly respond to female vocalizations.

After conducting the additional field survey, we calculated the species' extent of occurrence (EOO), that is, the area within a traditional minimum convex polygon encompassing all the occurrence points obtained for the species (Harris and Pimm 2008). To build the polygon we used the package *adehabitatHR* (Calenge 2006) implemented in the R software version 3.5.1 (R Core Team 2018). Furthermore, we also calculated the real area of occupancy (AOO), which represents the area of suitable habitat that is currently occupied by a certain species (Harris and Pimm 2008). To obtain the AOO, we overlapped the minimum convex polygon with the binary map of the species' predicted distribution. With this procedure we aimed to: i) exclude regions of the binary predictive model out of the polygon and ii) exclude regions within the polygon that were considered unsuitable for the species according to the predictive model. The area of occupancy (AOO) is usually considered as being a more realistic and adequate metric (Harris and Pimm 2008). Therefore, we considered AOO as the current distribution of *H. kaempferi*. After obtaining the current distribution of *H. kaempferi*, we overlapped it with both the Atlantic forest remnants raster and the protected areas raster to calculate the forest cover remaining and the proportion of the species' current distribution under protection.

Results

A total of 200 records of *H. kaempferi* from 141 different localities with specific coordinates were obtained from different sources previous to model construction (Supplementary Table 1). Of the 141 localities, 25 were from the Paraná state and 116 were from the Santa Catarina state (Supplementary Figure 2-A). Of the total number of records, 57 were retained for model building after the thinning procedure (Supplementary Table 1 and Supplementary Figure 2-B). Six environmental variables were retained for modelling after the VIF procedure: Bio3 (isothermality; VIF = 3.637); Bio4 (temperature seasonality; VIF =

3.314); Bio10 (mean temperature of the warmest quarter; VIF = 2.902); Bio12 (annual precipitation; VIF = 5.839); Bio14 (precipitation of the driest month; VIF = 2.508) and; altitude (VIF = 1.848). The minimum correlation between the remaining variables was 0.10 (between Altitude and Bio14) and the maximum correlation was 0.67 (between Bio14 and Bio4).

All 100 replicates of each of the four algorithms presented a good model fit according to the pAUC ratio (Table 1), and hence, all 400 replicates were used to build the final model. The model explained 35.02% of the variance and the relative importance of each predictor variable are presented in Table 1. The variable with the highest relative importance was mean temperature of the warmest quarter (Bio10; 44.17%), which was positively correlated with suitability (Figure 1). Altitude was the second variable with the highest relative importance (16.02%), but was negatively correlated with suitability. Variables associated with precipitation (Bio14 and Bio12) were positively correlated with suitability (Figure 1), although they have a lower power of explanation (Table 1).

Table 1. Mean partial AUC ratio and threshold values (sensitivity = specificity) for each of the four algorithms used to model the potential distribution of *Hemitriccus kaempferi*. Also, the relative importance of each environmental variable used in the model.

Algorithm	Bioclim	Domain	Maxent	SVM
Mean pAUC ratio	1.965 ± 0.021	1.993 ± 0.000	1.999 ± 0.000	1.999 ± 0.000
Threshold	0.052 ± 0.026	0.399 ± 0.148	0.369 ± 0.126	0.847 ± 0.114
Environmental variables	Relative importance			
Mean temperature of the warmest quarter (Bio10)	0.4417			
Altitude	0.1602			
Precipitation of the driest month (Bio14)	0.1276			
Annual precipitation (Bio12)	0.1196			
Temperature seasonality (Bio4)	0.1049			
Isothermality (Bio3)	0.0457			

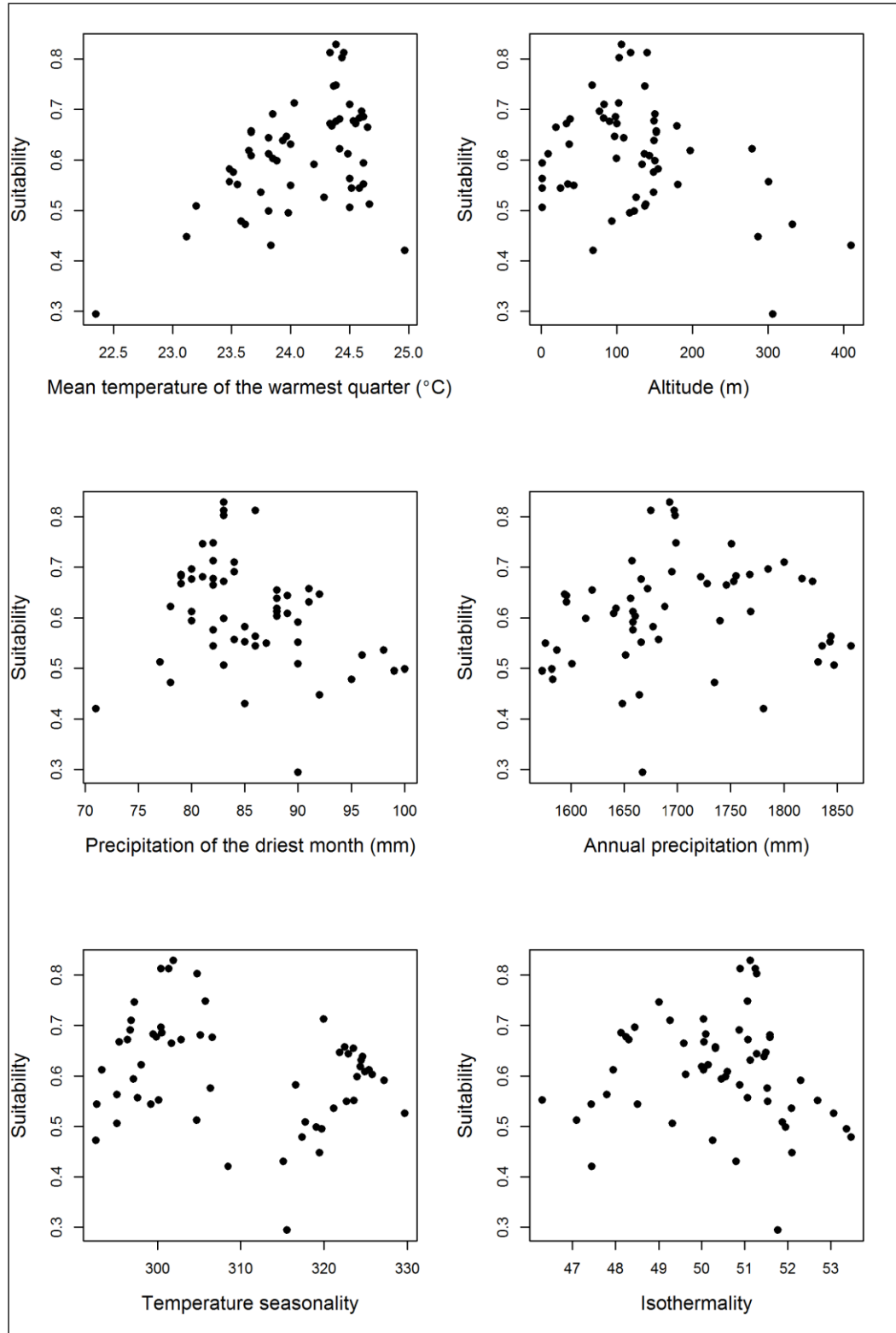


Figure 1. Correlation between model suitability and the environmental variables: Isothermality (Bio03); Temperature seasonality (Bio04); Mean temperature of the warmest quarter (Bio10); Annual precipitation (Bio12); Precipitation of the driest month (Bio14) and; Altitude.

According to the final suitability model (Figure 2), current suitable areas for *H. kaempferi* in the south of Brazil are restricted to the lowlands of the south coast of Paraná state and central-north coast of Santa Catarina state. Both regions are situated between the Atlantic Ocean and the slopes of Serra do Mar and Serra Geral (a mountainous region). Along Paraná, the lowlands surrounding Guaratuba Bay in the municipality of Guaratuba was the region with the highest environmental suitability values (Figure 2-B). Along Santa Catarina, there are more extensive regions of high suitability. The northeast coast of this state, particularly the region that encompass the municipalities of Itapoá, Garuva, Joinville, São Francisco do Sul, Araquari, Balneário Barra do Sul, Guaramirim, Massaranduba, São João do Itaperiú and Barra Velha, present high environmental suitability (Figure 2-C). Moreover, in the central coast of Santa Catarina, the lowlands that follow large rivers towards the interior of the state, such as, Itajaí-Açu River, Itajaí-Mirim River, Tijucas River and Biguaçu River, also present higher values of environmental suitability (Figure 2-C, D). There is a slight decrease in suitability near the Santa Catarina Island, and an abrupt drop after the Serra do Tabuleiro mountains (Figure 2-D).

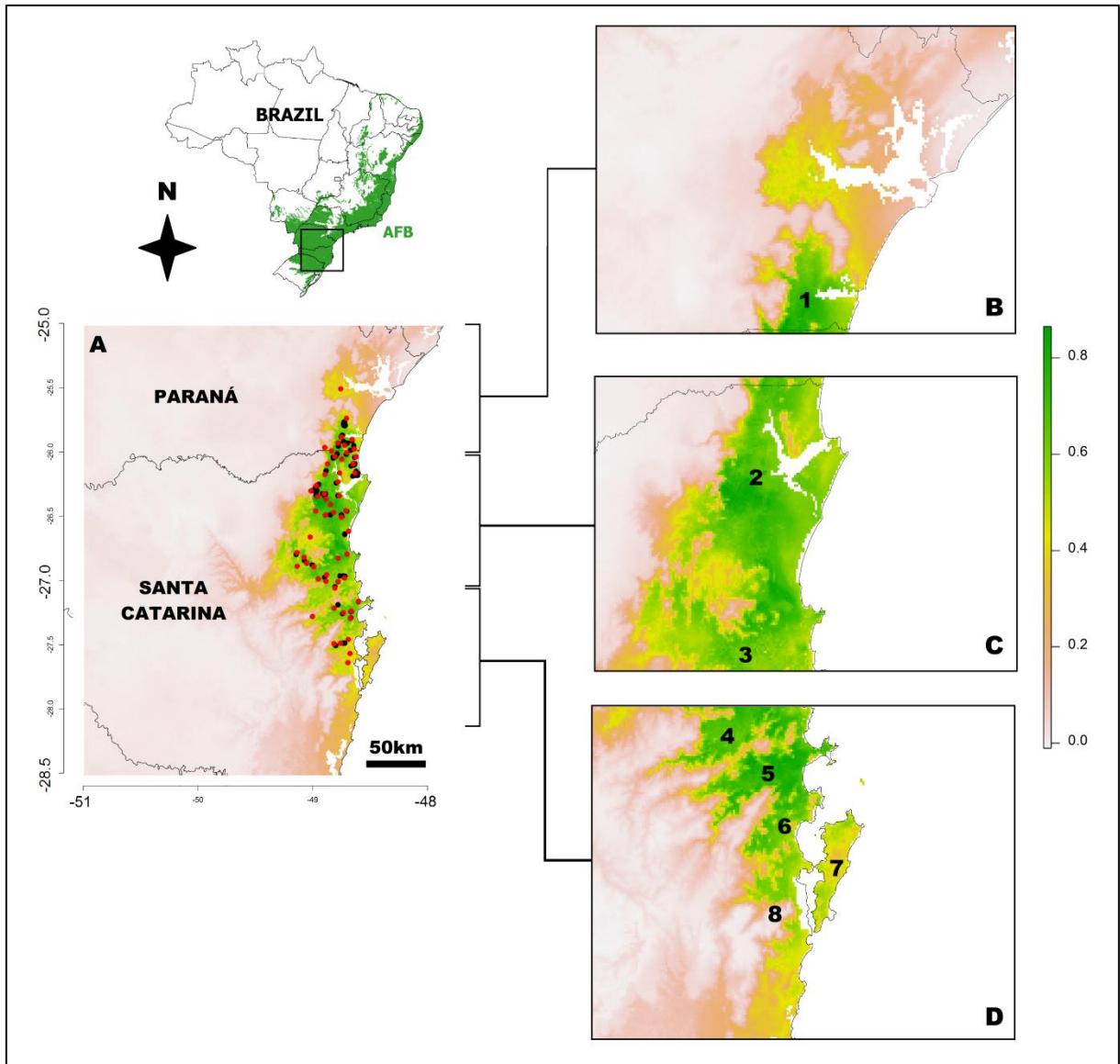


Figure 2. Potential habitat suitability for *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil. A) Overall mean of all algorithms used in the model. Map sections: B) south coast of Paraná state; C) north coast of Santa Catarina state and; D) central coast of Santa Catarina state. Regions: 1) Guaratuba Bay; 2) northeast coast of Santa Catarina; 3) Itajaí-Açu hydrographic basin; 4) Itajaí-Mirim hydrographic basin; 5) Tijucas hydrographic basin and; 6) Biguaçu hydrographic basin; 7) Santa Catarina Island; 8) Serra do Tabuleiro mountains. Low suitability values are represented by pink colour while high suitability values are in green. AFB = Atlantic Forest biome. Points = species records. Red points = species records retained for model building after thinning procedure. Black points = species records not used for model building.

The final binary map of the predicted distribution (considering occurrences predicted by at least two modelling algorithms; Figure 3) encompasses an area of 7,905.213 km², of which 3,577.974 km² (45.26%) is currently covered by forest (Table 2, Figure 4). Along Santa Catarina, the remaining forest cover encompasses 3,078.316 km², while in Paraná it corresponds to 499.658 km². The predicted area inside protected areas, considering all government levels and private reserves, encompass 799.297 km² (10.11% of the predicted distribution; Figure 4), while the predicted area considering only federal protected areas cover only 64.68 km² (0.81% of the predicted distribution). The proportion of predicted distribution covered by reserves required to adequately protect the species should be 66.29%.

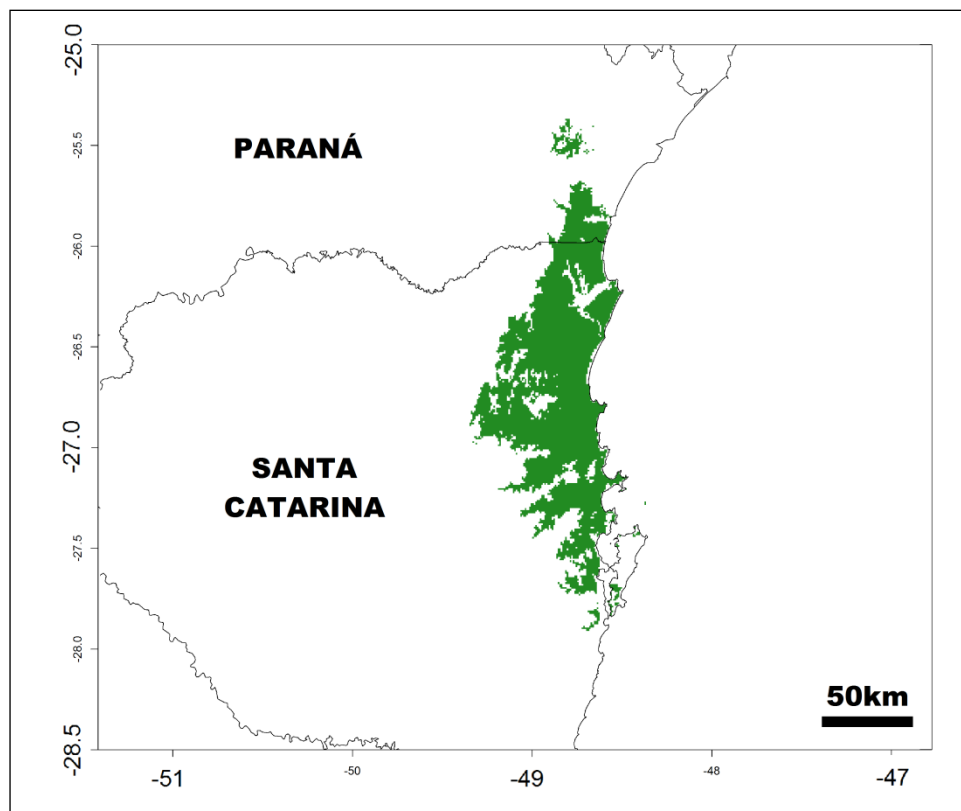


Figure 3. Final binary map of the potential distribution of *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil, considering only the occurrence of the species predicted by at least two modelling algorithms. For all modelling algorithms see supplementary Figure 1.

After model construction, 157 localities were visited to survey the presence of *H. kaempferi* in the states of Paraná and Santa Catarina between October and December 2018 (Supplementary Fig. 3; Supplementary Table 2 and 3). The species was found in only 25 of the 157 visited localities (Supplementary Table 2). Summing these observations with the previous ones (141 localities), there is a total of 166 known localities for the species, 25 for the state of Paraná and 141 for the state of Santa Catarina.

The extent of occurrence (EOO, minimum convex polygon area) for *H. kaempferi* was 7,722.711 km², while the current distribution (AOO; Figure 4-B) encompasses an area of 6,298.803 km². From north to south, the species' current distribution ranges from the municipality of Morretes (25°29'59.7"S, 48°45'20.6"W) in the Paraná state until the Serra do Tabuleiro State Park in the municipality of Santo Amaro da Imperatriz (27°43'38.9"S, 48°44'10.3"W) in the Santa Catarina state. Also, from the Brazilian coastline to the interior (west), the innermost municipality with records in the Santa Catarina state is Pomerode (26°47'27.5"S, 49°09'10.2"W), while in the Paraná state is Morretes (Figure 4-B).

The remaining forest cover of the current distribution (AOO) correspond to 2,764.865 km² (43,89%; Figure 4-D), of which 2,463.902 km² are in the Santa Catarina state and 300.963 km² are in the Paraná state (Table 2). The area of the current distribution inside protected areas (all government levels and private reserves) corresponds to 587.013 km² (9.31% of the current distribution; Figure 4-F), while the area inside federal protected areas only encompasses 36.192 km² (0.57% of the current distribution). The proportion of area of the current distribution protected by reserves should be of at least 70%.

Table 2. Remaining forest cover and the proportion of the predicted and current geographic distribution of *Hemitriccus kaempferi* currently under protection. SC = Santa Catarina state; PR = Paraná state. AGL = all government levels; FR = federal reserves only. Protection required was calculated according to Rodrigues *et al.* (2004) and Marini *et al.* (2010).

Attributes	Predicted distribution	Current distribution
<i>Total area</i>	7,905.213 km ²	6,298.803 km ²
<i>Forest Cover</i>	3,577.974 km ²	2,764.865 km ²
<i>Proportion of forest cover</i>	45.26%	43.89%
<i>Habitat loss</i>	4,327.239 km ²	3,533.938 km ²
<i>Proportion of habitat loss</i>	54.74%	56.11%
<i>Forest cover in SC</i>	3,078.316 km ²	2,463.902 km ²
<i>Forest cover in PR</i>	499.658 km ²	300.963 km ²
<i>Area under protection (AGL)</i>	799.297 km ²	587.013 km ²
<i>Proportion of area under protection (AGL)</i>	10.11%	9.31%
<i>Area under protection (FR)</i>	64.680 km ²	36.192 km ²
<i>Proportion of area under protection (FR)</i>	0.81%	0.57%
<i>Protection required</i>	66.29%	70.00%

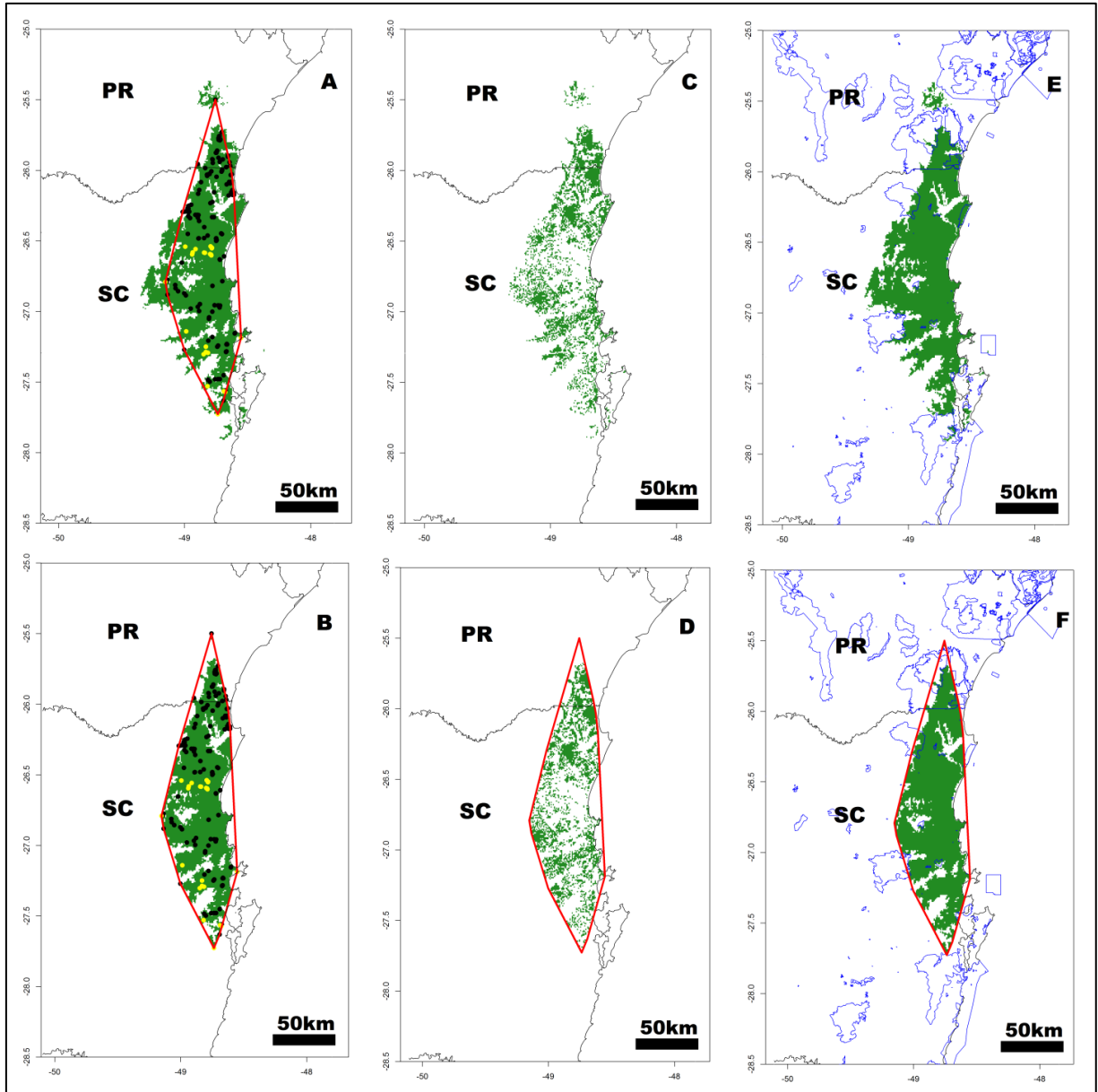


Figure 4. Maps of predicted (A, C and E) and current distribution (B, D and F) of *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil. A) Binary map of the predicted distribution of *H. kaempferi* with all 166 records and minimum convex polygon; B) Map of the species' current distribution (AOO, green only) by overlapping the predicted distribution map and the minimum convex polygon for all the species' records; C) Forest cover remaining in the predicted distribution; D) Forest cover remaining in the current distribution; E) Predicted distribution covered by protected areas; F) Current distribution covered by protected areas. Red lines are the limits of the polygon. Blue lines are the limits of protected areas (all

categories). Black points are the records obtained using field survey, literature, contact with researchers and birdwatchers, and online databases. Yellow points are occurrence records obtained in 2018 field surveys, which were conducted after model construction. PR = Paraná state. SC = Santa Catarina state.

The records confirm the occurrence of the species in three protected areas in the Paraná state: Bicudinho-do-brejo Private Natural Heritage Reserve (Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicudinho-do-brejo; Guaratuba municipality); Boguaçu State Park (Parque Estadual do Boguaçu; Guaratuba) and; Guaratuba Environmental Protected Area (Área de Proteção Ambiental Estadual de Guaratuba; Guaratuba). In the Santa Catarina state, the species was recorded in four protected areas: Volta Velha Private Natural Heritage Reserve (Reserva Particular do Patrimônio Natural Volta Velha; Itapoá); Bracinho Ecological Station (Estação Ecológica do Bracinho; Joinville); Serra Dona Francisca Environmental Protected Area (Área de Proteção Ambiental Serra Dona Francisca; Joinville); Serra do Tabuleiro State Park (Parque Estadual da Serra do Tabuleiro; Santo Amaro da Imperatriz), and also in a protected area that is under implementation, called Costeira de Zimbros Relevant Ecological Interest Area (Área de Relevante Interesse Ecológico Costeira de Zimbros; Bombinhas).

Discussion

Suitability model

The suitability model indicates that lowlands with higher mean temperatures and higher levels of annual precipitation have higher probability of occurrence of *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil. This is in accordance with previous studies and field observations, which suggested that the species is highly dependent on lowlands forests (areas

with altitudes < 300 m) (Barnett *et al.* 2000, Buzzetti *et al.* 2004, Authors *pers. obs.*), but the current model also highlights the importance of high temperature and precipitation.

The model indicates six regions of high suitability, one in the state of Paraná and five in the state of Santa Catarina, where the species is more widely distributed. The continuous landscape encompassing the Guaratuba Bay, in Paraná, and the northeast coast of Santa Catarina, are particularly important due to their high suitability. These two regions also presented a high number of current records (n = 107 localities), as well as the presence of large forest fragments and continuous areas of lowland forests. Therefore, these regions need to be considered as a high conservation priority for the species. It is important to mention that both regions are already considered important bird areas (IBAs) for the conservation of Atlantic Forest birds (Bencke *et al.* 2006), that is, areas that hold unique biodiversity and should be conserved (Garcia-Moreno *et al.* 2007). The other regions in the state of Santa Catarina, which correspond to flood plains and valleys of large rivers, also present high suitability and, therefore, also have high conservation value. However, the landscape in these regions has been highly modified with lowland forests being converted into areas for agriculture (e.g. rice and banana plantations), cattle ranching and urbanization (Meyer *et al.* 2013; Figure 4-C, D). Riparian forests, which are particularly important for *H. kaempferi* (Piacentini 2018), are absent in great extensions of the rivers and efforts to restore lowland forests in these regions are urgently needed.

Current distribution

Our data indicates that *H. kaempferi* is occupying most of the predicted suitable areas (80% of the predicted distribution). The geographic distribution of *H. kaempferi* is composed exclusively of dense rain forest (a forest type within the Atlantic Forest biome). In the Paraná state, the species occurrence records are in the surrounding area of the Guaratuba Bay and

also in the south portion of the Paranaguá Bay. However, records are mainly concentrated in the surroundings of the Guaratuba Bay, while the species seems to be rarer in the Paranaguá Bay with only a single confirmed record obtained for the municipality of Morretes. This fact is in accordance with the suitability map, which indicates that the areas in the Paranaguá Bay have lower values of suitability than areas in the Guaratuba Bay. Field survey conducted after model construction also failed to record the species (see Supplementary Table 3), indicating that the species is currently rare in the Paranaguá Bay and that local populations must be small. The state of Santa Catarina had the greatest proportion of records ($n = 141$ localities compared to $n = 25$ localities in Paraná). The northeast portion of the state concentrates almost 60% of the known localities for Santa Catarina, while the remaining records are distributed as far as the Serra do Tabuleiro State Park ($27^{\circ}43'38.9''S$, $48^{\circ}44'10.3''W$). However, records are scarce in the southern limit of the species' distribution, which agrees with the suitability map.

Habitat loss and protected areas

According to the criteria adopted in the present study (Rodrigues *et al.* 2004, Marini *et al.* 2009), the proportion of the distribution of *H. kaempferi* under protection should be 66% and 70% for the predicted and current distributions, respectively. However, more than half of the forest cover has already been lost independent of the distribution being considered. This means that the proportion of required habitat that should be under protection can only be achieved if there is a great effort to restore degraded forest areas. Moreover, the protection of the remaining forest fragments by establishing new reserves is urgent, since the proportion of protected areas (~10%) for both distributions is clearly insufficient for the conservation of *H. kaempferi* in the long run.

The presence of the species was confirmed for only eight protected areas, all of which

are either protected areas at the state or municipal level or are private reserves. None of the protected areas are at the federal level, showing that more efforts from the Brazilian Federal Agencies are needed for the conservation of this endemic, restricted-range and threatened species. Moreover, according to the Brazilian System of Protected Areas (Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC - law nº 9.985/2000), only three of all the protected areas where the species was recorded fall in the category of strictly protected areas: Boguaçu State Park, Bracinho Ecological Station and Serra do Tabuleiro State Park. The State Parks are equivalent to National Parks and fall under category II (National Parks) of IUCN, while the Ecological Station fall in category Ia of IUCN (Rylands and Brandon 2005). The remaining protected areas falls within a less restrictive category of protection, which allows the sustainable use of their natural resources, including a certain degree of human occupation (BRASIL 2006). In other words, this reflect not just the need to create more reserves, but also more restrictive reserves (e.g. strictly protected areas) under federal administration.

It is also important to mention that some studies indicate the occurrence of the species in the Saint-Hilaire National Park, Guaraguaçu Ecological Station (Piacentini *et al.* 2008), Acaraí State Park (Carrano *et al.* 2015) and surrounding areas of Palmito State Park (Carrano 2006). However, the above studies did not provide specific geographic coordinates or a proper description of where the species occurred within the parks. According to our criteria, these records were not considered in the present study and these occurrence records should be confirmed or published in the future with its specific geolocation information. Also, Guaraguaçu Ecological Station and Palmito State Park, are located in the Paranaguá Bay, and are outside the predicted distributional range of the developed model. Therefore, similar to what was found for the region of Morretes, if the species still occurs in those regions, local populations are likely to be small.

Conservation actions

Hemitriccus kaempferi is a restricted-range species that has lost over half of its habitat. Habitat loss is the greatest threat for the species (Barnett *et al.* 2000, Piacentini 2018, BirdLife International 2019), making it clear that conservation actions are necessary in order to guarantee its protection. First, there is the need to protect the remaining forest cover in the lowlands of both Paraná and Santa Catarina states with the establishment of new protected areas or by expanding existing reserves. We assert that the creation of new protected areas is urgent, mainly in the areas of high environmental suitability, particularly in northern Santa Catarina, where protected areas in lowland forest are almost absent (see Figure 4) and the number of current species records is high. There are also some reserves that could have their protected areas expanded to include habitats that are more appropriate for the occurrence of *H. kaempferi*. These are: (i) in the northern limit of the distribution of the species, Bracinho Ecological Station (4,000 ha) and Saint Hilaire National Park (2,500 ha); (ii) in the middle part of the distribution of the species, Serra do Itajaí National Park (57,000 ha) and; (iii) in the southern limit of the distribution of the species, Serra do Tabuleiro State Park (85,000 ha). These four reserves, despite having large extensions encompass mainly slopes of mountains and only small proportions of lowland forest habitats.

Another important strategy to help the conservation of this species is to guarantee the proper application of the Brazilian Forest Code (law nº 12.651 /2012; see Rezende *et al.* 2018), which requires rural property owners to set aside part of their property with native vegetation – known as legal reserves. For the Atlantic Forest biome, 20% of the rural property should be set aside as legal reserves. The restoration of degraded areas is also an important and urgent strategy to help increase the amount of suitable forest habitats for *H. kaempferi*. One important mechanism could be the recovery of riparian forests, which is considered a key component for the restoration of the Atlantic Forest biome as a whole (Rezende *et al.* 2018).

This strategy could be particularly effective for *H. kaempferi* since the species is commonly found in riparian zones and can use secondary forest as well (Piacentini 2018; Authors *pers. obs.*). Therefore, we recommend that restoration efforts should seek to create large riparian forest corridors to connect existing forest fragments (and possibly protected areas) where the species already occurs, thus creating a large and integrated network of lowland forest fragments/protected areas.

We are aware that achieving 70% of habitat protection in the coastal lowlands of Santa Catarina and Paraná states is unachievable due to the current habitat loss scenario (more than 50%) and degree of human occupation in those lands. Therefore, a more realistic and feasible goal would be to try to double or triple the current degree of protection for the species, that is, to try to reach between 20 to 30% of the species' current distribution under protection. The protection of lowland forests occupied by *H. kaempferi* could also be important for the conservation of other bird species that are targets of the National Atlantic Forest Bird Conservation Plan (ICMBio 2018). This conservation plan intends to set conservation goals and strategies for bird species of conservation concern (e.g. threatened of extinction) that occur in the Atlantic Forest biome. Examples of threatened species, embraced by the conservation plan, that overlap their distributional range with *H. kaempferi* are the Yellow-legged Tinamou (*Crypturellus noctivagus*), the Black-fronted Piping-Guan (*Aburria jacutinga*), the White-necked Hawk (*Amadonastur lacernulatus*), the Temminck's Seedeater (*Sporophila falcirostris*), the Buffy-fronted Seedeater (*Sporophila frontalis*), the Black-backed Tanager (*Tangara peruviana*), the Brown-backed Parrotlet (*Touit melanotus*) and the Fasciated Tiger-Heron (*Tigrisoma fasciatum*). As mentioned before, the distribution range of *H. kaempferi* also encompass two IBAs, and many endemic species of the Atlantic Forest also occur in its range. Therefore, efforts for the conservation of the Kaempfer's Tody-tyrant could also guarantee the protection of a set of endemic and threatened species and their associated

ecosystem services.

Actions focused on environmental education and citizens awareness are also of vital importance. This is because many of the forest fragments visited during field surveys, which appeared to be in good conditions from satellite imagery, were in fact very degraded by human actions, such as selective logging, cattle ranching and waste disposal. The maintenance of cattle within forest fragments is a common practice in the region causing structural changes in the forest understory, which results in the lost of bird species from this forest strata (G.W., pers. obs.) such as *H. kaempferi*. The incentive for birdwatching and sustainable tourism in the region could be an important practice to change this scenario. Birdwatching has great potential in educating citizens, generating income for local communities and increasing nature conservation (Sekercioglu 2002, Puhakka *et al.* 2011, Steven *et al.* 2013). Moreover, birdwatching relies on the desire of tourists to observe particular bird species (Steven *et al.* 2015), many of which have restricted distribution and/or are threatened species. Therefore, *H. kaempferi* has a great potential to be used as a flag species to attract tourists worldwide and contribute to the conservation of the Atlantic Forest biome in the south of Brazil as a whole.

Final considerations

According to Gaston (1994), a species can be considered rare if it has a restricted-range or a low abundance across its range. These two attributes are considered important determinants of species' extinction risk (Gaston 1994, Fitzpatrick and Rodewald 2016) and are currently used by IUCN (i.e., population size and geographic distribution) to infer the conservation status of a species (IUCN 2012). Our study clearly reveals that *Hemitriccus kaempferi* is a species of conservation concern due to its restricted-range, endemism and current scenario of habitat loss and protection. Moreover, the protection of this species and its associated habitat could also benefit the conservation of other threatened and endemic bird

species of the Atlantic Forest biome. However, the other important conservation criterion (species' abundance) also needs to be adequately investigated. The species' occurrence data suggest that its abundance may vary across its range, being more common/abundant in the north and less common/abundant in the south of its geographic distribution. Therefore, future studies need to focus on determining the abundance of *H. kaempferi* across its range to properly establish the conservation status of this species and to guide conservation efforts throughout its geographic distribution.

Acknowledgements

We would like to thank Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for providing a scholarship to GW. This study was financed by Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq nº 407733 2016-7) and CAPES (finance code 001). We also would like to thank all the researchers and birdwatchers (mentioned in Supplementary Table 1) that generously shared geolocation information on the species.

References

- Aiello-Lammens, M. E., Boria, R. A., Radosavljevic, A., Vilela, B. and Anderson, R. P. (2015) spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. *Ecography* 38: 541–545. doi: 10.1111/ecog.01132.
- Araújo, M. B. and New, M. (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends Ecol Evo* 22: 42-47. doi: 10.1016/j.tree.2006.09.010
- Backes, A. (2009) Distribuição geográfica atual da floresta com araucária: condicionamento climático. Pp. 39-44 in Fonseca, C. R., Souza, A. F., Leal-Zanchet, A. M., Dutra, T., Backes, A. and Grande, G., eds. *Floresta com araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável*. Ribeirão Preto, BR: Holos Editora.

- Barnett, J. M., Kirwan, G. M., Pearman, M., Naka, L. N. and Tobias, J. A. (2000) Rediscovery and subsequent observations of Kaempfer's Tody-tyrant *Hemitriccus kaempferi* in Santa Catarina, Brazil, with notes on conservation, life history and plumage. *Bird Conserv Int* 10: 371-379. doi: 10.1017/S0959270900000320
- Barnoski, A. D., Matzke, N., Tomyia, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., Marshall, C., Mcguire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B. and Ferrer, E. A. (2011) Has the Earth's six mass extinction already arrived? *Nature* 471: 51-57. doi: 10.1038/nature09678
- Bencke, G. A., Mauricio, G. N., Develey, P. F. and Goerk, J. M. (2006) *Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil. Parte 1 – Estados do Domínio da Mata Atlântica*. São Paulo, BR: SAVE Brasil.
- BirdLife International. (2019) *IUCN Red List for birds*. <<http://www.birdlife.org>> (accessed 22.06.2019).
- Bohm, M., Williams, R., Brahmhall, H. R., McMillan, K. M., Davidson, A. D., Garcia, A., Bland, L. M., Bielby, J. and Collen, B. (2016). Correlates of extinction risk in squamate reptiles: the relative importance of biology, geography, threat and range size. *Global Eco Biogeog* 25: 391-405. doi: 10.1111/geb.12419
- Boria, R. A., Olson, L. E., Goodman, S. M. and Anderson, R. P. (2014) Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecol Model* 275: 73-77. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2013.12.012
- Brasil - Ministério do Meio Ambiente (2006) *SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006*. Brasília, BR: MMA.

- Brave, N. (2008) *Tool for Partial-ROC (Biodiversity Institute, Lawrence, KS), version 1.0.*
- Buzzetti, D. R. C., Barnett, J. M. and Kirwan, G. M. (2004) Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*). *Cotinga* 20: 95-97.
- Calenge, C (2006) The package "adehabitat" for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Eco Model* 197: 516-519. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2006.03.017
- Carpenter, G., Gillison, A. N. and Winter, J. (1993) Domain: a flexible modelling procedure for mapping potential distributions of plants and animals. *Biodivers Conserv* 2: 667-680. doi: 10.1007/BF00051966
- Carrano, E. (2006) *Composição e conservação da avifauna na Floresta Estadual do Palmito, município de Paranaguá, Paraná.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná. Paraná, BR.
- Carrano, E., Grose, A. V., Silva, E. S. and Ghizoni-Jr., I. R. (2015) The bird community of Acaraí State Park and adjacent areas, São Francisco do Sul, Santa Catarina, Brazil. Pp. 240-241 in: X Neotropical Ornithological Congress & XXII Congresso Brasileiro de Ornitologia. *Anais do X Neotropical Ornithological Congress & XXII Congresso Brasileiro de Ornitologia.* Manaus, BR.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. and Palmer, T.M. (2015) Accelerated modern human-induced species losses: entering the six mass extinction. *Sci Adv* 1: e1400253. doi: 10.1126/sciadv.1400253
- Doherty, T. S., Glen, A. S., Nimmo, D. G., Ritchie, E. G. and Dickman, C. R. (2016) Invasive predators and global biodiversity loss. *PNAS* 113: 11261-11265. doi: 10.1073/pnas.1602480113
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., Marquéz, J. R. G., Gruber, B., Lafourcade, B., Leitão, P. J., Münkemüller, T., McClean, C., Osborne, P. E.,

- Reineking, B., Schröder, B., Skidmore, A. K., Zurell, D. and Lautenbach, S. (2013) Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography* 36: 27-46. doi: 10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x
- Eng, M. L., Stutchbury, B. J. M. and Morrissey, C. A. (2017) Imidacloprid and chlorpyrifos insecticides impair migratory ability in a seed-eating songbird. *Sci Rep* 7: 15176. doi: 10.1038/s41598-017-15446-x
- Earth Resources Observation and Science Center/ U.S. Geological Survey/ U.S. Department of Interior. (1997) *USGS 30 ARC-second global elevation data, GTOPO30*. Computational and Information Systems Laboratory Data: Research Data Archive at the National Center for Atmospheric. <<https://doi.org/10.5065/A1Z4-EE71>> (accessed 20.01.2018)
- Fick, S. E. and Hijmans, R. J. (2017). Worldclim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol*. <<http://worldclim.org/version>> (accessed 20.01.2018).
- Fitzpatrick, J. W. and Rodewald, A. D. (2016). Bird conservation. Pp. 579-639 in: Lovette, I. J. and Fitzpatrick, J. W., eds. *Handbook of bird biology, third edition*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Franklin, J. (2013) Species distribution models in conservation biogeography: developments and challenges. *Divers Distrib* 19: 1217-1223. doi: 10.1111/ddi.12125
- Fois, M., Fenu, G., Lombraña, A. C., Cogoni, D. and Bacchetta, G. (2015) A practical method to speed up the discovery of unknown populations using species distribution models. *J Nat Conserv* 24: 42-48. doi: 10.1016/j.jnc.2015.02.001
- Garcia-Moreno, J., Clay, R. P. and Ríos-Muñoz, C.A. (2007) The importance of birds for conservation in the Neotropical region. *J Ornithol* 148: 321-326. doi: 10.1007/s10336-007-0194-5

- Gaston, K. J. (1994) *Rarity*. London, UK: Springer. doi: 10.1007/978-94-011-0701-3
- Ghizoni-Jr, I. R. and Azevedo, M. A. G. (2006) Composição de bandos mistos de aves florestais de sub-bosque em áreas de encosta e planície da Floresta Atlântica de Santa Catarina, sul do Brasil. *Biotemas* 19: 47-53.
- Groemping, U. (2018) *Relaimpo: relative importance of regressors in linear models*. R-package version 2.2-3. < <http://prof.beuth-hochschule.de/groemping/relaimpo/>> (accessed 20.01.2018).
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J. B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P. R., Tulloch, A. I. T., Regan, T. J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Matynka-Pringle, C., Martin, T. G., Rhodes, J. R., Maggini, R., Setterfield, S. A., Elith, J., Schwartz, M. W., Wintle, B. A., Broennimann, O., Austin, M., Ferrier, S., Kearney, M. R., Possingham, H. P. and Buckley, Y.M. (2013) Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol Lett* 16: 1424-1435. doi: 10.1111/ele.12189
- Guisan, A., Thuiller, W. and Zimmermann, N.E. (2017) *Habitat suitability and distribution models*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781139028271
- Guo, Q., Kelly, M. and Graham, C. H. (2005) Support vector machines for predicting distribution of Sudden Oak Death in California. *Ecol Model* 182: 75-90. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2004.07.012
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., Melbourne, B. A., Nicholls, A. O., Orrock, J. L., Song, D. and Townshend, J. R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Sci Adv* 1: e1500052. doi: 10.1126/sciadv.1500052
- Harris, G. and Pimm, S. L. (2008) Range size and extinction risk in forest birds. *Conserv Biol*

22: 163-171. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00798.x

Hijmans, R. J. (2019) *Geosphere: spherical trigonometry*. R Package Version 1.5-10. <<https://CRAN.R-project.org/package=geosphere>> (accesses 20.01.2019).

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (2018) *Sumário executivo do Plano de Ação Nacional para a conservação das aves da Mata Atlântica*. MMA.<<http://www.icmbio.gov.br/portal/faunabrasileira/planos-de-acao/2865-plano-de-acao-nacional-para-a-conservacao-das-aves-da-mata-atlantica>> (accesses 01.11.2019).

IUCN (2012) *IUCN red list categories and criteria: version 3.1*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN.

Lima, F. P., Muniz, J.N. and Marco-Júnior, P. (2010) Evaluating Brazilian conservation projects: the weak link between practice and theory. *Nat Conservação* 8: 41-45. doi: 10.4322/natcon.00801006

Liu, C., Berry, P. M., Dawson, T. P. and Pearson, R. G. (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28: 385-393. doi: 10.1111/j.0906-7590.2005.03957.x

Marini, M. Â., Barbet-Massin, M., Lopes, L. E. and Jiguet, F. (2009). Major current and future gaps of Brazilian reserves to protect Neotropical savanna birds. *Biol Cons* 142: 3039-3050. doi: 10.1016/j.biocon.2009.08.002

Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R. K. and Thuiller, W. (2009) Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Divers Distrib* 15: 59-69. doi: 10.1111/j.1472-4642.2008.00491.x

Meyer, L., Gasper, A. L., Sevegnani, L., Schorn, L. A., Vibrans, A. C., Lingner, D. V., Verdi, M., Santos, A. S., Dreveck, S. and Korte, A. (2013) Regeneração natural da Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. Pp. 203-247 in: Vibrans, A. C., Sevegnani, L., Gasper, A. L. and Lingner, D. V., eds. *Inventário florestal de Santa Catarina: volume*

IV - Floresta Ombrófila Densa. Blumenau, BR: Edifurb.

- Naimi, B. and Araújo, M. B. (2016) sdm: a reproductive and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography* 39: 368-375. doi: 10.1111/ecog.01881
- Naimi, B. (2017) *Usdm: uncertainty analysis for species distribution models*. R-package version 1.1-18. <<http://r-gis.net/>> (accessed 20.01.2019).
- Nix, H. A. (1986) A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. Pp. 4-15 in Longmore, R. eds. *Atlas of elapid snakes of Australia: Australia flora and fauna series n. 7*. Canberra, AU: Australian Government Publishing Service.
- Pereira, R. M. F. A. (2003) Formação sócio-espacial do litoral de Santa Catarina (Brasil): gênese e transformações recentes. *Geosul* 18: 99-129.
- Peterson, A. T., Papes, M. and Soberón, J. (2008) Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modelling. *Ecol Model* 213: 63-72. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2007.11.008
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. and Araújo, M. B. (2011) *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton, US: Princeton University Press.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. and Schapire, R. E. Maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190: 231-259. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
- Piacentini, V. Q., Borchardt-Júnior, C. A. and Carrano, E. (2008) *Hemitericcus kaempferi* (Zimmer, 1953). Pp. 631-632 in Machado, A. B. M., Drummond, G. M., Paglia, A., eds. *Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente e Fundação Biodiversitas.
- Piacentini, V.Q. (2018) *Hemitericcus kaempferi* (Zimmer, 1953). Pp. 530-532 in ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. *Livro vermelho da fauna*

brasileira ameaçada de extinção: volume III - aves. Brasília, BR: ICMBio/MMA.

- Puhakka, L., Salo, M. and Sääksjärvi, I. E. (2011) Bird diversity, birdwatching tourism and conservation in Peru: a geographic analysis. *Plos One* 6: e26786. doi: 10.1371/journal.pone.0026786
- R Development Core Team (2018) *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, AT: R Foundation for Statistical Computing. <<http://www.r-project.org/>>. 2018
- Reside, A. E., Watson, I., VanDerWal, J. and Kutt, A. S. (2011). Incorporating low-resolution historic species location data decreases performance of distribution models. *Ecol Model* 222: 3444-3448. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2011.06.015
- Rezende, C. L., Scarano, F. R., Assad, E. D., Joly, C. A., Metzger, J. P., Strassburg, B. B. N., Tabarelli, M., Fonseca, G. A. and Mittermeier, R. A. (2018) From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect Ecol Conserv* 16: 208-214. doi: 10.1016/j.pecon.2018.10.002
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Hoffmann, M., Wirsing, A. J. and Mccauley, D. J. (2017) Extinction risk is most acute for the world's largest and smallest vertebrates. *PNAS* 114: 10678-10683. doi: 10.1073/pnas.1702078114
- Rodrigues, A. S. L., Andelman, S. J., Bakar, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Cowling, R. M., Fishpool, L. D. C., Fonseca, G. A. B., Gaston, K. J., Hoffmann, M., Long, J. S., Marquer, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J. and Yan, X. (2004) Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428: 640-643. doi: 10.1038/nature02422
- Rylands, A.B. and Brandon, K. (2005) Brazilian protected areas. *Conserv Biol* 19: 612-618. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00711.x
- Sanderfoot, O. V. and Holloway, T. (2017) Air pollution impacts on avian species via

- inhalation exposure and associated outcomes. *Environm Res Lett* 12: 1-16. doi: 10.1088/1748-9326/aa8051
- Segurado, P. and Araújo, M. B. (2004) An evaluation of methods for modelling species distribution. *J Biogeogr* 31: 1555-1568. doi: 10.1111/j.1365-2699.2004.01076.x
- Sekercioglu, C. H. (2002) Impacts of birdwatching on human and avian communities. *Environm Conserv* 29: 282-289. doi: 10.1017/S0376892902000206
- Sodhi, N. S., Brook, B. W. and Bradshaw, C. J. A. (2009). Causes and consequences of species extinction. Pp. 514-520 in Levin, S. A., eds. *The Princeton guide to ecology*. Princeton, US: Princeton.
- SOS Mata Atlântica. (2016) *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: relatório técnico, período 2014-2015*. São Paulo, BR: Fundação SOS Mata Atlântica e INPE.
- Steven, R., Castley, J. G. and Buckley, R. (2013) Tourism revenue as a conservation tool for threatened birds in protected areas. *Plos One* 8: e62598. doi: 10.1371/journal.pone.0062598
- Steven, R., Morrison, C. and Castley, J. G. (2015) Birdwatching and avitourism: a global review of research into its participant markets, distribution and impacts, highlighting future research priorities to inform sustainable avitourism management. *J Sustain Tour* 23: 1257-1276. doi: 10.1080/09669582.2014.924955
- Teixeira, D. M., Nacinovic, J. B. and Schloemp, I. M. (1991) Notas sobre alguns Passeriformes brasileiros pouco conhecidos. *Ararajuba* 2: 97-100.
- Tello, J. G., Moyle, R. G., Marchese, D. J. and Cracraft, J. (2009) Phylogeny and phylogenetic classification of the tyrant flycatchers, cotingas, manakins, and their allies (Aves: Tyrannides). *Cladistics* 25: 429-467. doi: 10.1111/j.1096-0031.2009.00254.x
- Uhlmann, A., Gasper, A. L., Sevegnani, L., Vibrans, A. C., Meyer, L. and Lingner D. V. (2012) Fitogeografia de Santa Catarina. Pp. 113-123 in Vibrans, A. C., Sevegnani, L.,

Gasper, A. L. and Lingner, D. V., eds. *Inventário florístico florestal de Santa Catarina, vol.1, diversidade e conservação dos remanescentes florestais*. Blumenau, BR: Edifurb.

Urban, M. C. (2015) Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348: 571-573.

doi: 10.1126/science.aaa4984

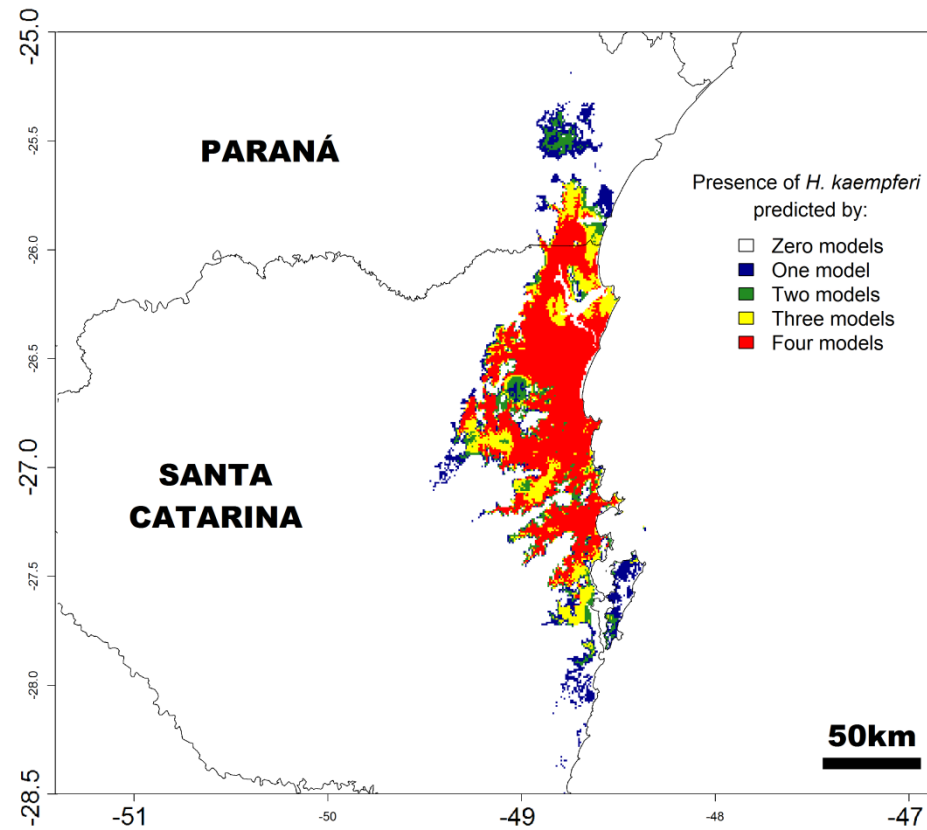
Zimmer, J. T. (1953) Notes on tyrant flycatchers (Tyrannidae). *Am Mus Novit* 1605: 1-16.

Wilcox, C., Seville, E. V. and Hardesty, B. D. (2015) Threat of plastic pollution to seabirds is

global, pervasive, and increasing. *PNAS* 112: 11899-11904. doi:

10.1073/pnas.1502108112

Supplementary Material



Supplementary Figure 1. Sum of the binary maps of the four algorithms used for modelling the potential distribution of *Hemitriccus kaempferi* in southern Brazil. Colours represent the occurrence of the species predicted by: white = zero modelling algorithms; blue = one modelling algorithm; green = two modelling algorithms; yellow = three modelling algorithms and; red = four modelling algorithms.

Supplementary Table 1. Records of Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) with specific geographic coordinates (decimal degree) obtained from field surveys, literature, online databases and contact with researchers until December 2017. Model = records (assigned with an "X") used for modelling species potential distribution after the pre-selecting procedure (see methods in the main paper). Voucher = vouchers are presented when possible, and include literature (Zimmer *et al.* 1953, Teixeira *et al.* 1991, Barnett *et al.* 2000), online databases (WikiAves.com.br = WA + number; ebird.org = e-bird + number), museum specimens (MZUSP = Zoology Museum of the University of São Paulo) and a researcher's private database (VQP + number = Vitor de Queiroz Piacentini database).

Point	Model	State	Municipality	Latitude	Longitude	Authors	Voucher
1		PR	Guaratuba	-25.78758	-48.71987	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
2		PR	Guaratuba	-25.78355	-48.71608	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
3		PR	Guaratuba	-25.77885	-48.71914	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
4		PR	Guaratuba	-25.78437	-48.72987	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
5		PR	Guaratuba	-25.77263	-48.73208	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
6		PR	Guaratuba	-25.75702	-48.72294	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
7		PR	Guaratuba	-25.861	-48.74217	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
8		PR	Guaratuba	-25.875495	-48.751804	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
9	X	PR	Guaratuba	-25.87583	-48.74776	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
10	X	PR	Guaratuba	-25.92195	-48.78082	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
11		PR	Guaratuba	-25.9236	-48.77702	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
12		PR	Guaratuba	-25.9477	-48.77672	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
13	X	PR	Guaratuba	-25.9394	-48.72089	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
14		PR	Guaratuba	-25.92247	-48.69757	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
15	X	PR	Guaratuba	-25.89408	-48.6561	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
16		PR	Guaratuba	-25.90355	-48.65681	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	

Point	Model	State	Municipality	Latitude	Longitude	Authors	Voucher
17		PR	Guaratuba	-25.94272	-48.6434	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
18		PR	Guaratuba	-25.97812	-48.66837	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
19	X	PR	Guaratuba	-25.95605	-48.89508	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
20	X	PR	Guaratuba	-25.72937	-48.70624	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
21		PR	Guaratuba	-25.75819	-48.7225	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
22		PR	Guaratuba	-25.75819	-48.72634	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
23		PR	Guaratuba	-25.911319	-48.730947	Luciano Breves; Herculano Neto; Osmar Slompo; Eliton Sloma	WA1234011 ; WA1234566 ; WA1234735; WA1234734; WA1234863
24		PR	Guaratuba	-25.977511	-48.670519	Leonardo R. Deconto	WA383514
25	X	PR	Morretes	-25.499905	-48.755709	Luciano Breves	WA1378481
26	X	SC	Antônio Carlos	-27.47972	-48.75806	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
27		SC	Antônio Carlos	-27.49778	-48.80056	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
28	X	SC	Antônio Carlos	-27.484147	-48.814786	Sidnei Leal; Jucelia Pellin	WA2450931 ; WA2450934; WA2450952; WA2450989 ; WA2451002
29	X	SC	Araquari	-26.44765	-48.70934	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
30		SC	Araquari	-26.45179	-48.70318	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
31	X	SC	Araquari	-26.4623	-48.81726	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
32		SC	Araquari	-26.48055	-48.84592	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
33	X	SC	Araquari	-26.481543	-48.887697	Ivo Ghizoni-Jr	WA1579838
34	X	SC	Araquari	-26.499912	-48.750026	Josué Gonçalves	WA2292152
35		SC	Araquari	-26.4811523	-48.74973444	Elsimar Silveira da Silva	
36		SC	Araquari	-26.48420972	-48.75074801	Elsimar Silveira da Silva	
37		SC	Araquari	-26.49489255	-48.74542474	Elsimar Silveira da Silva	
38		SC	Araquari	-26.483122	-48.88971	Elsimar Silveira da Silva	
39	X	SC	Balneário Piçarras	-26.785979	-48.700483	Julio Castellain	WA2086361
40	X	SC	Barra Velha	-26.608941	-48.686253	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	

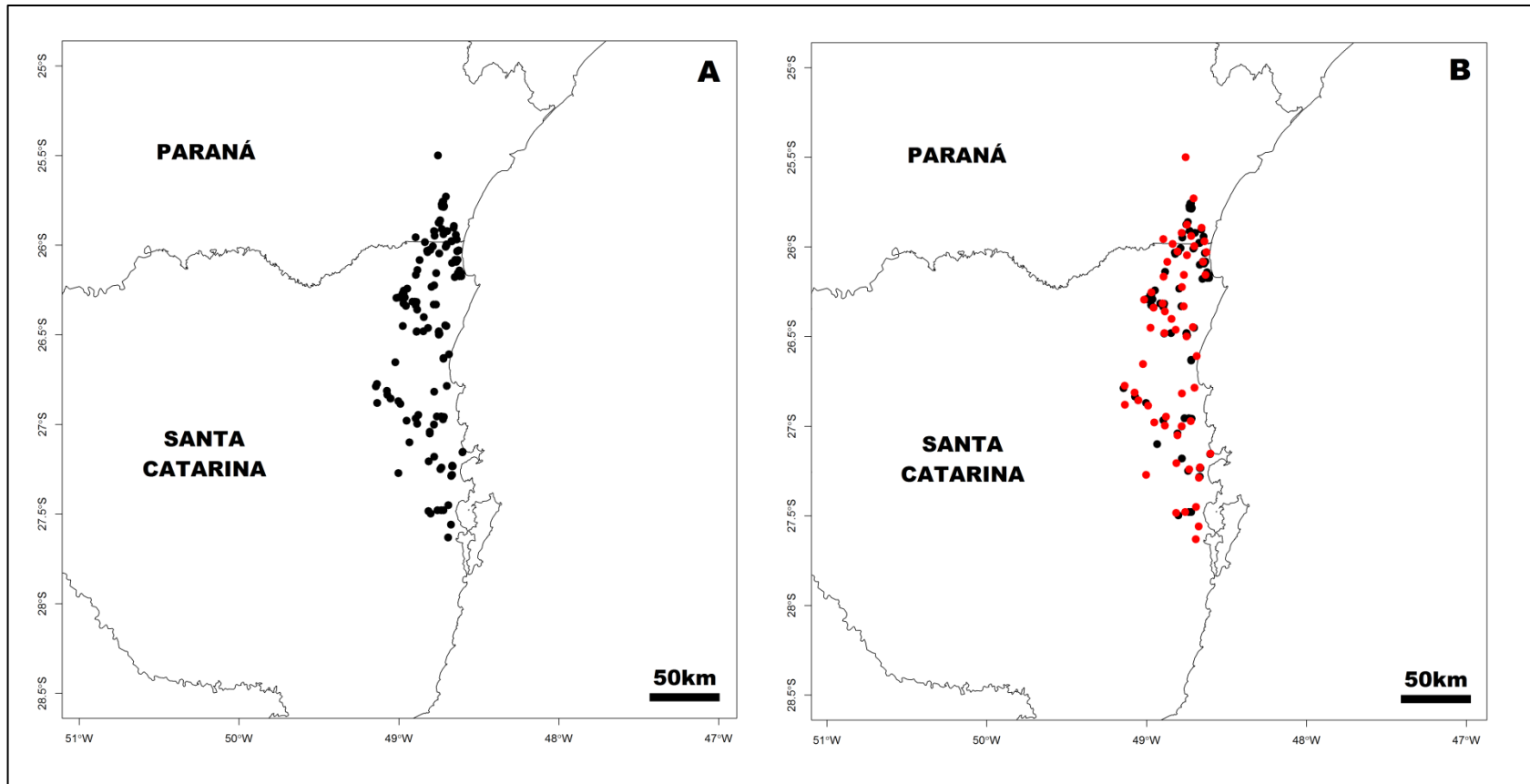
Point	Model	State	Municipality	Latitude	Longitude	Authors	Voucher
41		SC	Barra Velha	-26.633622	-48.72031	Elsimar Silveira da Silva	
42		SC	Barra Velha	-26.630779	-48.720959	Elsimar Silveira da Silva	
43	X	SC	Biguaçu	-27.45111	-48.69	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
44		SC	Biguaçu	-27.47889	-48.73528	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
45		SC	Biguaçu	-27.478775	-48.720229	Vitor Q. Piacentini & Carlos A. Borchardt Jr.	MZUSP 82516
46		SC	Blumenau	-26.856117	-49.052003	Alexandre Bianco; Francisco E. Carneiro	WA1817546 ;WA2025983; WA2025985 ; WA1811921; WA1804835
47	X	SC	Blumenau	-26.855764	-49.051483	Carlos E. Zimmermann	WA2004270
48	X	SC	Blumenau	-26.881293	-49.135559	Diego Beda	WA1810006
49		SC	Blumenau	-26.835626	-49.072331	Carlos E. Zimmermann	WA1279176
50	X	SC	Blumenau	-26.812417	-49.074306	Lennon Jane	WA760639 ; WA489824
51	X	SC	Brusque	-27.00194	-48.77972	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
52		SC	Brusque	-27.10000	-48.93333	H.F.Berla	Teixeira et al. 1991
53	X	SC	Canelinha	-27.20722	-48.81278	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
54		SC	Garuva	-26.03132	-48.82279	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
55		SC	Garuva	-26.03906	-48.82086	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
56	X	SC	Garuva	-25.99624	-48.70188	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
57		SC	Garuva	-26.00011	-48.70199	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
58	X	SC	Garuva	-25.98401	-48.836293	Ottokar Bruhmuller	WA1774523
59		SC	Garuva	-26.007383	-48.787294	Alexandre Bianco	WA2197516
60		SC	Garuva	-26.026389	-48.801944	Ivo R. Ghizoni-Jr	
61	X	SC	Garuva	-26.083638	-48.869996	Elsimar Silveira da Silva	
62	X	SC	Garuva	-26.04664073	-48.74678812	Elsimar Silveira da Silva	
63	X	SC	Garuva	-26.02607584	-48.8062806	Elsimar Silveira da Silva	
64		SC	Gaspar	-26.9669	-48.89549	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
65	X	SC	Gaspar	-26.979212	-48.951932	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	

Point	Model	State	Municipality	Latitude	Longitude	Authors	Voucher
66	X	SC	Gaspar	-26.94806	-48.87889	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
67	X	SC	Gaspar	-26.99688	-48.884831	Glauco Kohler	WA111375
68		SC	Gaspar	-26.870656	-49.003392	Alexandre Bianco	WA1654986 ; WA1812515
69	X	SC	Gaspar	-26.885506	-48.990569	Francisco E. Carneiro	WA2298825
70	X	SC	Guaramirin	-26.451056	-48.975	Diego Beda	WA2299427
71		SC	Itajaí	-26.95806	-48.71861	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
72		SC	Itajaí	-27.00083	-48.77972	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
73		SC	Itajaí	-26.956003	-48.762807	Glauco Kohler	WA104684
74	X	SC	Itajaí	-27.0511790	-48.8068360	Filipe Bernardi; Ramsés A. Da Luz; Matias H. Ternes; Pedro C. Silva; Leonardo Reinert; Maria Weyermanns	WA2568099 ; WA2553199 ; WA2311087 ; WA2209041 ; WA2209041 ; WA2209041 ; WA1836702 ; WA1827761 ; WA1827650 ; WA1827738
75		SC	Itajaí	-27.041806	-48.806222	Guilherme Becher	WA1311322
76		SC	Itajaí	-26.956417	-48.7345	Guilherme Becher	WA2225387
77	X	SC	Itajaí	-26.971944	-48.722944	Guilherme Becher	
78		SC	Itapoá	-26.00604	-48.70429	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
79		SC	Itapoá	-26.00941	-48.70715	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
80	X	SC	Itapoá	-25.96859	-48.63833	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
81	X	SC	Itapoá	-26.02868	-48.62484	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
82	X	SC	Itapoá	-26.08303	-48.64641	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
83		SC	Itapoá	-26.158106	-48.630786	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
84	X	SC	Itapoá	-26.15596	-48.63053	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
85		SC	Itapoá	-26.1579560	-48.6091250	Gabriel G. Larre	WA1112877
86		SC	Itapoá	-26.141	-48.621444	Guilherme Becher	WA2007765
87		SC	Itapoá	-26.091111	-48.639444	Cláudio Tim	WA572926
88		SC	Itapoá	-26.082867	-48.63251	Cláudio Tim	WA633186
89		SC	Itapoá	-26.173879	-48.609218	Guilherme Becher	WA1652910

Point	Model	State	Municipality	Latitude	Longitude	Authors	Voucher
90		SC	Itapoá	-26.093056	-48.64	Publio Rodrigues	WA2117559
91		SC	Itapoá	-26.033981	-48.634561	Alexandre Bianco	WA2195523
92		SC	Itapoá	-26.178598	-48.650542	Ivo R. Ghizoni-Jr	
93		SC	Itapoá	-26.173889	-48.619722	Ivo R. Ghizoni-Jr	
94		SC	Itapoá	-26.082359	-48.646924	Vitor Q. Piacentini	VQP-H6-133
95		SC	Itapoá	-26.10000	-48.66667	Barnett et al.	Barnett et al. 2000
96	X	SC	Joinville	-26.29488	-49.01569	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
97		SC	Joinville	-26.29588	-48.96792	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
98		SC	Joinville	-26.33536	-48.89557	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
99		SC	Joinville	-26.291845	-48.994614	Vitor Q. Piacentini; Sidney Vargas; M. H. Markes	WA68789; WA68790; WA1621423 ; WA2499545
100	X	SC	Joinville	-26.4023270	-48.8440210	Guilherme Willrich	WA316218; WA487406
101	X	SC	Joinville	-26.3160520	-48.8995250	Vilde E. Florencio; José Kachimarek; Renato Santos; Carmen B. Figueiredo; Marco Rocha; Fernando Figueiredo; Alessandra Fr.; Luciano Bernardes; Hector Botai; Francisco Paludo; Ivan Angelo; Ester Ramirez	WA417795 ; WA1048999 ; WA1053547 ; WA1130132 ; WA1158299; WA1248457 ; WA1354800 ; WA1352421 ; WA2157554 ; WA1720503 ; WA1720503 ; WA1860054 ; WA2081767 ; WA2550323; WA2141753
102		SC	Joinville	-26.3165640	-48.8897750	Vilde E. Florencio; Sydnei Vargas; Carmen B. Figueiredo; Fernando B. Farias; Luciano Moraes	WA595323 ; WA618197 ; WA623423 ; WA629322 ; WA691062 ; WA725486 ; WA781937; WA781938 ; WA781938 ; WA781947 ; WA897612
103		SC	Joinville	-26.3178270	-48.8947380	Osni S. Munhoz	WA814558
104		SC	Joinville	-26.292719	-48.963139	Joel Ventura	WA902465
105		SC	Joinville	-26.3154110	-48.9143231	Vilde E. Florencio	WA993808
106		SC	Joinville	-26.2698740	-48.9699420	Carmen B. Figueredo; Alessandra Fr.	WA1075626 ; WA1154269

Point	Model	State	Municipality	Latitude	Longitude	Authors	Voucher
107		SC	Joinville	-26.3176020	-48.8929520	Orlando Machado	WA1090000
108		SC	Joinville	-26.2433210	-48.9477450	Rodrigo V. Muhlen	WA1215234
109		SC	Joinville	-26.2880570	-48.9664660	Joel Ventura	WA1362468
110	X	SC	Joinville	-26.3321420	-48.7674280	Rodrigo V. Muhlen; Osmar A. Fenalti; Marcelo Alievi	WA1827057 ; WA2007887 ; WA2029519
111		SC	Joinville	-26.3250460	-48.9707400	Guilherme Willrich; Fernando B. Farias; Henrique Moreira	WA2130447 ; WA2301820 ; WA2309047 ; WA2331617 ; WA2360953 ; WA2508927
112	X	SC	Joinville	-26.3595080	-48.8854530	Guilherme Willrich	WA2361699
113		SC	Joinville	-26.232758	-48.795233	Alexandre Bianco	WA372826
114		SC	Joinville	-26.29242	-49.00312	Zimmer 1953; Barnett et al. 2000; Vitor Q. Piacentini	Zimmer 1953; Barnett et al. 2000; VQP-H6-116
115	X	SC	Joinville	-26.3388248	-48.9563404	Vilde E. Florencio	
116		SC	Joinville	-26.2703810	-48.9769390	Vilde E. Florencio	
117	X	SC	Joinville	-26.2535000	-48.9692230	Vilde E. Florencio	
118	X	SC	Joinville	-26.2245970	-48.7794680	Vilde E. Florencio	
119		SC	Joinville	-26.3322280	-48.7811400	Vilde E. Florencio	
120		SC	Joinville	-26.1395240	-48.8837540	Vilde E. Florencio	
121	X	SC	Joinville	-26.16593	-48.89306	Elsimar Silveira da Silva	
122		SC	Joinville	-26.277355	-48.972011	Guilherme Willrich	
123	X	SC	Massaranduba	-26.654042	-49.021803	Alexandre Bianco	WA2307439 ; WA2283525
124	X	SC	Navegantes	-26.81833	-48.77889	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
125	X	SC	Nova Trento	-27.27142	-49.00249	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
126	X	SC	Palhoça	-27.63056	-48.69222	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
127		SC	Pomerode	-26.788582	-49.143275	Adrian Eisen Rupp	e-bird S25063064
128	X	SC	Pomerode	-26.774748	-49.137361	Adrian Eisen Rupp	e-bird S32156117
129		SC	Porto Belo	-27.15574	-48.60179	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
130	X	SC	Porto Belo	-27.153387	-48.601283	Vitor Q. Piacentini; Carlos A. Borchardt Jr.	

Point	Model	State	Municipality	Latitude	Longitude	Authors	Voucher
131	X	SC	São Francisco do Sul	-26.156	-48.76622	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
132	X	SC	São José	-27.559275	-48.674238	Guilherme Willrich	WA693387
133		SC	Tijucas	-27.28214	-48.66758	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
134		SC	Tijucas	-27.28451	-48.6715	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
135	X	SC	Tijucas	-27.28754	-48.67203	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
136	X	SC	Tijucas	-27.22973	-48.66506	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
137		SC	Tijucas	-27.23337	-48.66751	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
138		SC	Tijucas	-27.23323	-48.66292	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
139		SC	Tijucas	-27.18028	-48.77957	Ricardo B. Lopes; Marcos R. Bornschein; Evair Legal	
140		SC	Tijucas	-27.249446	-48.739941	Willian Menq	WA2493046
141	X	SC	Tijucas	-27.241585	-48.73376	Willian Menq	WA2535245



Supplementary Figure 2. Records of Kaempfer's Tody-Tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) obtained from field surveys, literature, online databases and contact with researchers until December 2017. A) all records with specific coordinates. B) red dots correspond to points retained for modelling the species potential distribution after the pre-selecting procedure (see methods in the main paper); black dots correspond to points not used for modelling after the selection procedure.

Supplementary Table 2. Records of Kempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) obtained between October and December 2018, after modelling the species potential distribution. Some of the records were deposited in the website Wikiaves.com.br and vouchers are presented as WA + number.

New records obtained after modelling species distribution (new presences)						
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude	Author	Voucher
1	SC	Antônio Carlos	-27.52933	-48.81836	Guilherme Willrich	WA3404359
2	SC	Bombinhas	-27.18809	-48.55202	Everton Kerber; Guilherme Willrich	WA3188749
3	SC	Guabiruba	-27.14035	-48.98717	Guilherme Willrich	WA3187450
4	SC	Guaramirim	-26.54059	-48.99470	Guilherme Willrich	WA3404364
5	SC	Massaranduba	-26.55750	-48.91269	Guilherme Willrich	WA3404370
6	SC	Massaranduba	-26.58177	-48.93671	Guilherme Willrich	
7	SC	Massaranduba	-26.59605	-48.94037	Guilherme Willrich	
8	SC	Pomerode	-26.79097	-49.15282	Guilherme Willrich	WA3332936
9	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.72748	-48.73620	Anselmo Malagoli; Guilherme Willrich	WA271740
10	SC	São João Batista	-27.29226	-48.81520	Guilherme Willrich	WA3187437
11	SC	São João Batista	-27.29045	-48.83024	Guilherme Willrich	
12	SC	São João Batista	-27.28662	-48.83110	Guilherme Willrich	
13	SC	São João Batista	-27.30284	-48.84884	Guilherme Willrich	
14	SC	São João Batista	-27.24958	-48.83184	Guilherme Willrich	
15	SC	São João do Itaperiú	-26.60291	-48.78798	Guilherme Willrich	WA3404371
16	SC	São João do Itaperiú	-26.59658	-48.79020	Guilherme Willrich	
17	SC	São João do Itaperiú	-26.59364	-48.79862	Guilherme Willrich	
18	SC	São João do Itaperiú	-26.55191	-48.78344	Guilherme Willrich	
19	SC	São João do Itaperiú	-26.54851	-48.78281	Guilherme Willrich	
20	SC	São João do Itaperiú	-26.53813	-48.79448	Guilherme Willrich	

New records obtained after modelling species distribution (new presences)						
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude	Author	Voucher
21	SC	São João do Itaperiú	-26.58433	-48.83859	Guilherme Willrich	
22	SC	São João do Itaperiú	-26.58366	-48.84561	Guilherme Willrich	
23	SC	São José	-27.57187	-48.67759	Guilherme Willrich	
24	SC	são José	-27.57031	-48.67740	Guilherme Willrich	
25	SC	São José	-27.56432	-48.68792	Guilherme Willrich	

Supplementary Table 3. Localities visited between October and December 2018, where Kaempferi's Tody Tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) was not found.

Localities visited without species' records (absences)				
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude
1	PR	Morretes	-25.5064	-48.754
2	PR	Morretes	-25.511	-48.7533
3	PR	Morretes	-25.5215	-48.8109
4	PR	Morretes	-25.5348	-48.8469
5	PR	Morretes	-25.5009	-48.8098
6	PR	Morretes	-25.4958	-48.8083
7	PR	Morretes	-25.5016	-48.8289
8	PR	Morretes	-25.4964	-48.8298
9	PR	Morretes	-25.4612	-48.8158
10	PR	Morretes	-25.4627	-48.8058
11	PR	Morretes	-25.4655	-48.8604
12	PR	Morretes	-25.464	-48.8659
13	SC	Palhoça	-27.8929	-48.6677

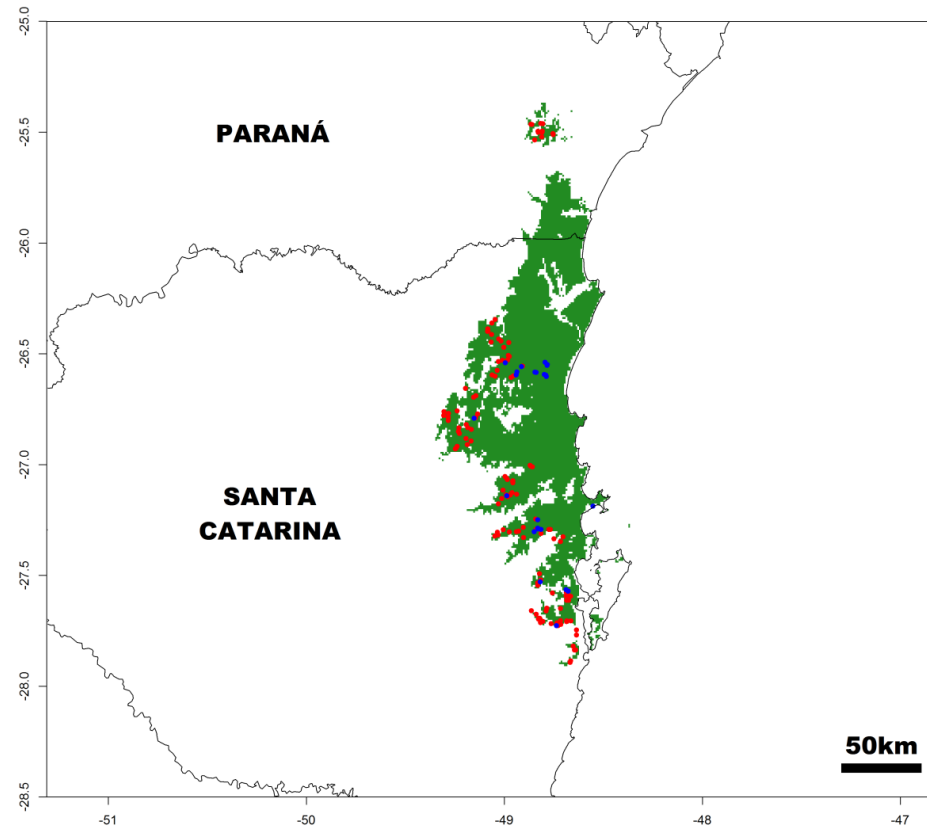
Localities visited without species' records (absences)				
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude
14	SC	Palhoça	-27.8859	-48.6649
15	SC	Palhoça	-27.8369	-48.6395
16	SC	Palhoça	-27.8363	-48.6455
17	SC	Palhoça	-27.8196	-48.652
18	SC	Palhoça	-27.7693	-48.6358
19	SC	Palhoça	-27.7464	-48.6358
20	SC	Palhoça	-27.7053	-48.6637
21	SC	Palhoça	-27.7051	-48.6837
22	SC	Palhoça	-27.7084	-48.6856
23	SC	Palhoça	-27.6492	-48.7163
24	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7212	-48.7155
25	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7137	-48.7202
26	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7043	-48.7156
27	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7145	-48.7338
28	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7272	-48.7291
29	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7233	-48.7364
30	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7182	-48.7635
31	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7078	-48.8062
32	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.7137	-48.8175
33	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.6605	-48.7896
34	SC	Santo Amaro da Imperatriz	-27.648	-48.7854
35	SC	Águas Mornas	-27.6972	-48.8274
36	SC	Águas Mornas	-27.6941	-48.8206
37	SC	Águas Mornas	-27.6935	-48.8257
38	SC	Águas Mornas	-27.6754	-48.8386
39	SC	Águas Mornas	-27.6598	-48.8638

Localities visited without species' records (absences)				
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude
40	SC	São José	-27.6133	-48.6859
41	SC	São José	-27.6127	-48.6758
42	SC	São José	-27.5926	-48.6878
43	SC	São José	-27.5772	-48.6874
44	SC	São José	-27.5944	-48.6656
45	SC	São José	-27.5937	-48.6685
46	SC	São José	-27.5927	-48.6713
47	SC	São Pedro de Alcântara	-27.5795	-48.7566
48	SC	Antônio Carlos	-27.5458	-48.832
49	SC	Antônio Carlos	-27.5343	-48.8313
50	SC	Antônio Carlos	-27.5217	-48.8155
51	SC	Antônio Carlos	-27.4924	-48.8221
52	SC	Tijucas	-27.3255	-48.7032
53	SC	Tijucas	-27.3474	-48.7159
54	SC	Tijucas	-27.3352	-48.7498
55	SC	Canelinha	-27.2923	-48.7676
56	SC	Canelinha	-27.2932	-48.7754
57	SC	Canelinha	-27.3112	-48.8142
58	SC	São João Batista	-27.292	-48.8385
59	SC	São João Batista	-27.2458	-48.8419
60	SC	São João Batista	-27.3294	-48.9033
61	SC	Nova Trento	-27.2836	-48.9045
62	SC	Nova Trento	-27.3013	-48.9276
63	SC	Nova Trento	-27.3036	-48.9393
64	SC	Nova Trento	-27.3041	-48.9741
65	SC	Nova Trento	-27.2938	-49.0053

Localities visited without species' records (absences)				
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude
66	SC	Nova Trento	-27.3185	-49.0316
67	SC	Nova Trento	-27.322	-49.0476
68	SC	Nova Trento	-27.3048	-49.0343
69	SC	Brusque	-27.1334	-48.937
70	SC	Brusque	-27.1267	-48.9612
71	SC	Brusque	-27.1278	-48.9636
72	SC	Brusque	-27.1371	-48.9701
73	SC	Brusque	-27.145	-48.9825
74	SC	Brusque	-27.1384	-48.985
75	SC	Brusque	-27.1539	-49.0132
76	SC	Brusque	-27.0103	-48.8579
77	SC	Brusque	-27.0072	-48.8667
78	SC	Brusque	-27.0032	-48.8701
79	SC	Guabiruba	-27.1779	-49.0301
80	SC	Guabiruba	-27.1379	-48.9914
81	SC	Guabiruba	-27.1158	-49.007
82	SC	Guabiruba	-27.0822	-48.9564
83	SC	Guabiruba	-27.0764	-48.958
84	SC	Guabiruba	-27.0733	-48.9562
85	SC	Guabiruba	-27.0673	-48.9852
86	SC	Guabiruba	-27.061	-48.9903
87	SC	Guabiruba	-27.0535	-48.9964
88	SC	Indaial	-26.8937	-49.1682
89	SC	Indaial	-26.9096	-49.1877
90	SC	Indaial	-26.8826	-49.1931
91	SC	Indaial	-26.9174	-49.2381

Localities visited without species' records (absences)				
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude
92	SC	Indaial	-26.926	-49.2438
93	SC	Indaial	-26.9294	-49.2467
94	SC	Indaial	-26.8602	-49.2265
95	SC	Timbó	-26.8507	-49.2324
96	SC	Timbó	-26.8348	-49.2295
97	SC	Timbó	-26.8016	-49.2826
98	SC	Timbó	-26.7877	-49.2825
99	SC	Timbó	-26.769	-49.2817
100	SC	Timbó	-26.7617	-49.3048
101	SC	Timbó	-26.7789	-49.3062
102	SC	Rio dos Cedros	-26.7575	-49.2384
103	SC	Pomerode	-26.841	-49.1667
104	SC	Pomerode	-26.8329	-49.1845
105	SC	Pomerode	-26.8195	-49.1924
106	SC	Pomerode	-26.7891	-49.1445
107	SC	Pomerode	-26.7719	-49.1348
108	SC	Pomerode	-26.6965	-49.1554
109	SC	Pomerode	-26.6893	-49.1437
110	SC	Pomerode	-26.6561	-49.1956
111	SC	Massaranduba	-26.5553	-48.9076
112	SC	Massaranduba	-26.6008	-48.9539
113	SC	Massaranduba	-26.6066	-48.9655
114	SC	Massaranduba	-26.602	-49.0458
115	SC	Massaranduba	-26.5956	-49.0615
116	SC	Massaranduba	-26.5756	-49.0363
117	SC	Massaranduba	-26.5354	-49.0301

Localities visited without species' records (absences)				
Point	State	Municipality	Latitude	Longitude
118	SC	Guaramirim	-26.5293	-49.0092
119	SC	Guaramirim	-26.528	-48.9842
120	SC	Guaramirim	-26.5119	-48.9752
121	SC	Guaramirim	-26.5079	-48.98
122	SC	Guaramirim	-26.4707	-49.0028
123	SC	Schoroeder	-26.4492	-48.9777
124	SC	Schoroeder	-26.443	-49.0169
125	SC	Schoroeder	-26.4339	-49.029
126	SC	Schoroeder	-26.413	-49.0643
127	SC	Schoroeder	-26.3994	-49.0843
128	SC	Schoroeder	-26.3964	-49.0818
129	SC	Schoroeder	-26.388	-49.083
130	SC	Schoroeder	-26.3617	-49.0631
131	SC	Schoroeder	-26.3452	-49.0463
132	SC	Jaraguá do Sul	-26.4471	-49.0671



Supplementary Figure 3. Localities visited between October and December 2018 to search for the Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*) after modelling the species' distribution. In green the binary map of the species potential distribution in southern Brazil. Red dots correspond to localities in which the species was not found. Blue dots correspond to novel localities where the species was found.

CAPÍTULO 2

Ecologia e biologia reprodutiva de *Hemitriccus kaempferi* (Zimmer, 1953)

Guilherme Willrich; Fernando Bittencourt de Farias; Luiz dos Anjos; Marcos Robalinho

Lima

Capítulo redigido segundo as normas do periódico *Journal of Field Ornithology*,
disponíveis em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/15579263/homepage/forauthors.html>

Resumo

O objetivo do presente estudo foi investigar aspectos relacionados à história natural de *Hemitriccus kaempferi* (Zimmer, 1953), uma espécie de ave ameaçada de extinção e endêmica da Mata Atlântica do sul do Brasil. Mais especificamente, foram descritos aspectos relacionados ao comportamento, área de vida, estratégias de forrageio, dieta e biologia reprodutiva da espécie. Métodos de captura e marcação de indivíduos foram empregados para monitorar duas populações da espécie durante duas estações reprodutivas (entre agosto e dezembro) nos anos de 2016 e 2017. As áreas de estudo localizam-se no município de Joinville, estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Diferenças no comportamento entre os sexos foram detectadas, com machos extremamente territorialistas e fêmeas que não defendem territórios e executam sozinhas todas as atividades reprodutivas, incluindo construção de ninho, incubação e cuidado parental. A área de vida média dos indivíduos foi de $0,77 \pm 0,36$ ha, segundo o método de mínimo polígono convexo, e $1,88 \pm 0,59$ ha segundo o estimador de Kernel fixo (95%). Alguns machos partilharam sua área de vida com mais de uma fêmea, enquanto outros não partilharam com nenhuma. Foram observadas sete estratégias de forrageio para a espécie, e "upward striking" foi a mais utilizada (76%). Onze ordens de artrópodes foram consumidas pela espécie, com prevalência das ordens Lepidoptera e Coleoptera. Em relação à biologia reprodutiva, ninhos desta espécie se assemelharam aos ninhos descritos previamente para o gênero, possuindo formato de bolsa fechada, oval e fixação superior e lateral. Ovos foram descritos pela primeira vez. As informações obtidas no presente estudo sugerem que a espécie apresente um sistema de acasalamento polígamico com defesa de recursos. Diversos outros aspectos sobre história natural ainda foram descritos (e.g. morfometria, muda, comportamentos anti-predador), sendo a maioria das informações até então desconhecidas para a espécie, e muitas delas inéditas para o gênero.

Palavras-chave: área de vida; dieta; estratégias de forrageio; história natural; maria-catarinense; morfometria; reprodução.

Abstract

The aim of the present study was to investigate several aspects of the natural history of the Kaempfer's Tody-tyrant (*Hemitriccus kaempferi*), a threatened and endemic bird species of the Atlantic Forest biome. Specifically, we investigated its behaviour, home range, foraging strategies, diet and reproductive biology. Capture and banding methods were employed to monitor two populations of the species during two breeding seasons (between August and December) in 2016 and 2017. The study areas were located in the municipality of Joinville, Santa Catarina state, southern Brazil. We observed behavioural differences between the sexes, with males being extremely territorialist while females did not defend territories and were solely responsible for all of the reproductive activities, including nest construction, incubation and parental care. The average home range of individuals was 0.77 ± 0.36 ha according to the minimum convex polygon method, and 1.88 ± 0.59 ha according to the fixed Kernel (95%) method. Some males shared their home ranges with one or two females, while others had no females sharing their home range. The species presented seven different foraging strategies with upward striking being the most frequent (76%). In addition, 11 arthropods orders were identified as food items, with higher prevalence for the orders Lepidoptera and Coleoptera. Regarding the species' reproductive biology, its nests resemble previously described nests for the genus, and are closed (lateral entrance), ovoid and has a superior and lateral fixation. Eggs were described for the first time for the species. The information obtained in the present study suggests that the species presents a resource-defence polygenic mating system. We also described several other aspects of the species' natural history (e.g. morphology, molt, anti-predator behaviour), much of which was previously unknown for the species or its genus.

Key-words: breeding; diet; foraging strategies; home range; Kaempfer's Tody-tyrant; morphometry; natural history.

Introdução

O gênero *Hemitriccus* é composto por 22 espécies, todas distribuídas ao longo do continente sul americano (del Hoyo et al. 2019). A filogenia mais recente coloca este gênero na família Rynchocyclidae, filogeneticamente relacionada à família Tyrannidae, dentro da ordem Passeriformes (Tello et al. 2009). No entanto, a filogenia do gênero *Hemitriccus* ainda permanece incerta, com evidências de que se trata de um grupo polifilético (Tello et al. 2009, Kohler 2017).

De modo geral, o gênero é composto por espécies de pequeno porte (9,5 - 12 cm; 6 - 12,7 g) (del Hoyo et al. 2019), com padrões de plumagem, formato de corpo e bico muito semelhantes morfologicamente (Cohn-Haft 2000). São espécies aparentemente pouco abundantes nos habitats em que ocorrem (ver Hasui et al. 2018), altamente territorialistas e especializadas em predação de artrópodes (del Hoyo et al. 2019). No entanto, aspectos relacionados à ecologia e biologia reprodutiva são particularmente pouco conhecidos para a maioria das espécies (Buzzetti et al. 2004, Kirwan e Wittaker 2009, Johnson et al. 2010, McCullough e Lodoño 2017, del Hoyo et al. 2019).

Em relação à biologia reprodutiva, por exemplo, existem descrições formais de ninho para metade das espécies do gênero (Crozariol 2016, McCullough e Lodoño 2017). A maioria dos ninhos descritos são fechados em formato de bolsa oval/globular, pendentes e com entrada lateral (Crozariol 2016, McCullough e Lodoño 2017, del Hoyo et al. 2019). Exceção para o ninho de *H. obsoletus*, descrito como uma bolsa fechada globular e fixada pelas laterais (não pendente) (Bencke et al. 2001), e para o ninho de *H. kaempferi*, descrito como uma estrutura em forma de taça alongada (Barnett et al. 2000). Além disso, demais informações reprodutivas (e.g. cômputo, incubação, tamanho de postura, cuidado parental) são incompletas ou inexistentes para a maioria das espécies

(McCullough e Lodonõ 2017, del Hoyo et al. 2019).

Outros aspectos ecológicos também carecem de informações. Estudos sobre áreas de vida e territórios, que são importantes, por exemplo, para a compreensão do uso do espaço pelas espécies e seus requerimentos ecológicos (Harris et al. 1990, Powell 2000), estão disponíveis apenas para *Hemitriccus griseipectus* (Terborgh et al. 1990), *H. josephinae* (Johnson et al. 2010), *H. zosterops* (Johnson et al. 2011) e *H. nidipendulus* (Ribon e Marini 2016). Além disso, informações a respeito de métodos de forrageio são oriundas, em sua maioria, de observações pontuais sem quantificações (e.g. Rensen-Jr et al. 1982, Barnett et al. 2000, Buzzeti et al. 2004, Ágreda et al. 2005, Johnson et al. 2010, Zimmer et al. 2013). Apenas Fitzpatrick (1980) apresenta informações mais aprofundadas sobre métodos de forrageio empregados pelas espécies do gênero, baseando-se em observações de *Hemitriccus zosterops*.

Visto que as informações a respeito da ecologia das espécies do gênero *Hemitriccus* são escassas e dispersas na literatura, e considerando que tais informações são vitais tanto para o estabelecimento e compreensão de relações filogenéticas entre as espécies (Birdsley 2002) como para a elaboração de estratégias de conservação (Greene 2005, Bury 2006, Lima et al. 2010a), o presente estudo tem como objetivo investigar aspectos relacionados à história natural de *Hemitriccus kaempferi* (Zimmer, 1953). Esta espécie é endêmica da Mata Atlântica do sul do Brasil, possui distribuição muito restrita (BirdLife International 2019, Capítulo 1) e é considerada ameaçada de extinção a nível regional (Consema 2011, Paraná 2018), nacional (ICMBio 2018) e global (BirdLife International 2019).

Hemitriccus kaempferi (maria-catarinense) foi descrita apenas na metade do século XX após a revisão de um único exemplar coletado por Emil Kaempfer em junho de 1929 na região de Salto Pirai, município de Joinville, estado de Santa Catarina, sul

do Brasil (Zimmer 1953). Até o início dos anos 90 eram conhecidos apenas dois exemplares da espécie depositados em museus (Teixeira et al. 1991). Atualmente, sua distribuição geográfica é mais conhecida (ICMBio 2018, Capítulo 1), mas há poucas informações sobre os aspectos ecológicos da espécie (ICMBio 2018). Apenas Barnett et al. (2000) e Buzzeti et al. (2004) descreveram alguns aspectos básicos de sua história natural com base em observações de poucos indivíduos, apresentando algumas informações de uso de habitat e forrageamento, descrição de um único ninho e aspectos preliminares sobre vocalizações. No presente estudo, investigamos e descrevemos diversos aspectos ecológicos desta espécie, como área de vida, estratégias de forrageio, dieta e biologia reprodutiva. Para tal, foram utilizados métodos de captura e marcação de indivíduos para o monitoramento de duas populações da espécie ao longo de duas estações reprodutivas.

Materiais e métodos

Áreas de estudo

O estudo foi realizado em duas propriedades privadas localizadas no município de Joinville, litoral norte do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Uma das áreas, denominada ART, pertence a polícia militar do município de Joinville e está localizada na Estrada Arataca (26°18'57,4"S, 48°53'58,1"O), cerca de 2 km da Rodovia BR-101. A propriedade privada possui cerca de 15 hectares (ha), porém está inserida em um fragmento florestal contínuo de aproximadamente 100 ha (Fig. 1). Devido à autorização dos proprietários, o estudo ficou restrito à área de aproximadamente 15 ha. A vegetação é composta de floresta ombrófila densa de terras baixas, com estágios sucessionais variando de secundário a avançado e com altitude entre 10 e 20 m acima do nível do mar (a.n.m.). A segunda área de estudo, denominada SER, pertence à proprietários

rurais e está localizada na Estrada Serrinha (26°19'31,1"S, 48°58'14,0"O). A propriedade está inserida em um grande bloco contínuo de Floresta Ombrófila Densa que constitui a Serra Geral (aprox. 40.000 ha). No entanto, o estudo ficou restrito a uma área de aproximadamente 25 ha (Fig. 1) com altitudes variando de 30 a 75 m (a.n.m.), sendo composta por floresta ombrófila densa de terras baixas e submontana. Esta propriedade é cortada por uma pequena estrada de terra (entre 4 a 6 m de largura).

As duas áreas distam cerca de 8 km uma da outra e são separadas por uma matriz urbana e agrícola (principalmente cultivo de arroz-irrigado) que substitui áreas originalmente cobertas por florestas de terras baixas na região (Fig. 1). As áreas de estudo foram escolhidas pelo número de observações prévias da espécie nos locais e também devido à autorização de acesso concedida pelos proprietários. Em ambas foram abertas pequenas trilhas com cerca de 25 m de distância, formando um grid para facilitar a captura e o monitoramento de indivíduos. No entanto, o monitoramento dos indivíduos foi realizado também fora das trilhas conforme o deslocamento efetuado pelos mesmos.

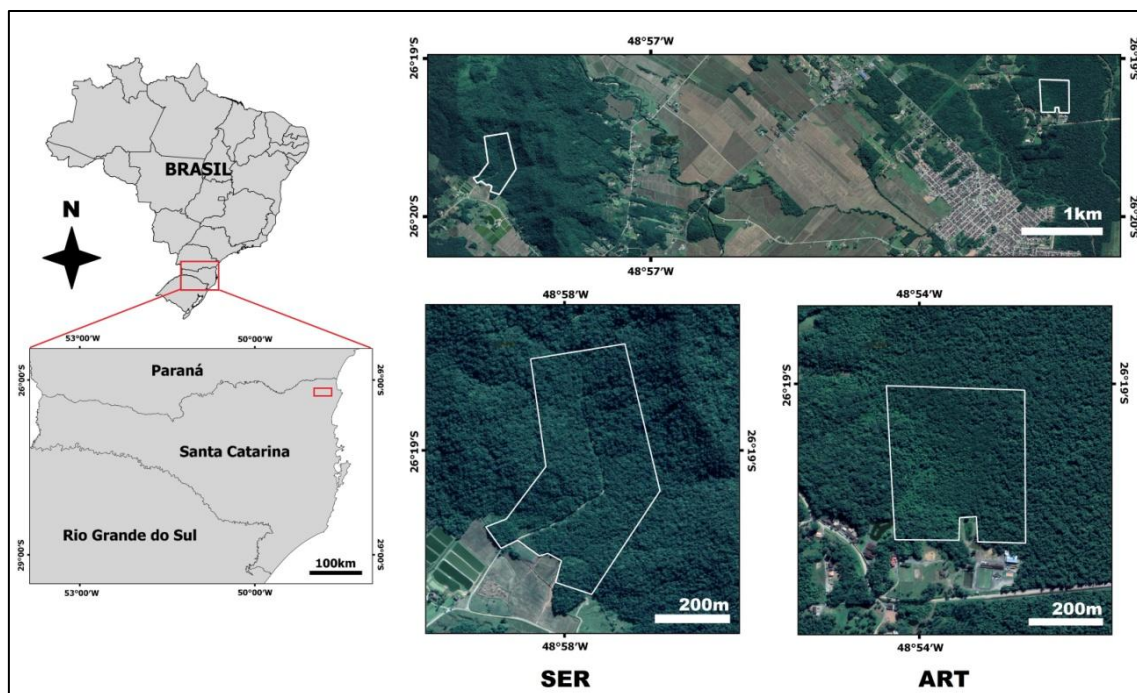


Fig. 1. Áreas de estudo localizadas no município de Joinville, litoral norte do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. SER = área localizada na Estrada Serrinha ($26^{\circ}19'31,1''S$, $48^{\circ}58'14,0''W$; 25 ha; 30-75 m a.n.m.). ART = área localizada na Estrada Arataca ($26^{\circ}18'57,4''S$, $48^{\circ}53'58,1''W$; 15 ha; 10-20 m a.n.m.).

Captura e marcação de indivíduos

Nas áreas de estudo, indivíduos da espécie foram capturados com o uso de redes de neblina (malha de 19x19 mm; tamanho de 6x3 m), marcados com anilhas metálicas (padrão CEMAVE) e anilhas plásticas coloridas, e tiveram medidas morfométricas tomadas conforme descrito por Ross (2010). Para as medidas foram utilizados, régua (precisão 1,0 mm), paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) e balança/pesola (precisão de 0,25 g). Capturas ocorreram em duas estações reprodutivas, entre os meses de agosto e dezembro de 2016 (IBAMA 54749-1; CEMAVE n° 4133/1) e no mesmo período em 2017 (IBAMA n° 54749-2; CEMAVE n° 4133/2). Os procedimentos de campo, captura e marcação foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da

Universidade Estadual de Londrina (CEUA nº 21196.2016.99). Para direcionar e aumentar a efetividade de captura foi empregada a técnica de *playback*, que consiste em reproduzir o som da espécie em busca de uma resposta ou aproximação dos indivíduos. Para o *playback* foram utilizadas gravações do canto e chamado da espécie obtidas em bancos de dados online, como Xeno-canto (www.xeno-canto.org) e WikiAves (www.wikiaves.com.br), assim como gravações obtidas durante o período de amostragem. Cada indivíduo capturado recebeu então um único padrão de cores de anilhas para reconhecimento individual e posterior acompanhamento em campo. Devido a carência de recursos e anilhas metálicas, a disponibilização das mesmas pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres (CEMAVE) foi possível somente a partir da segunda estação reprodutiva (2017), de modo que apenas os indivíduos capturados (ou recapturados) em 2017 receberam anilhas metálicas.

Adicionalmente foi obtido material sanguíneo dos indivíduos capturados para determinação sexual, uma vez que a espécie não apresenta dimorfismo sexual aparente. Para obtenção de material, foi retirada uma amostra de até 80 µl (até 1% do peso da ave, que foi em média 8,3 g) de sangue da veia braquial conforme protocolo recomendado pela Sociedade Brasileira de Ornitologia (Braga 2010). O material sanguíneo foi armazenado em etanol absoluto em campo e resfriado a -20 °C assim que possível. O material foi posteriormente enviado a um laboratório especializado (Ampligen - requisição nº 05.01.00251892) para a determinação do sexo dos indivíduos capturados.

Área de vida

O termo "área de vida" (*home range*) foi inicialmente definido por Burt (1943) como "a área percorrida por um indivíduo em suas atividades normais de procura por alimento, acasalamento e cuidado de filhotes", ou seja, a área utilizada para todas as

atividades de um determinado indivíduo. É importante salientar que área de vida difere do conceito de território, que seria apenas a porção da área de vida defendida pelos indivíduos através de marcações, comportamentos agonísticos e vocalizações (Odum e Kuenzler 1955, Powell 2000), podendo ter tamanho igual ou menor que a área de vida (Powell 2000). Segundo Powell (2000), a área de vida pode variar ao longo do tempo conforme uma animal explora o ambiente, de modo que estudos sobre áreas de vida precisam ser definidos no tempo (e.g. uma estação, um ano). No presente estudo os indivíduos foram monitorados em campo durante todas as suas atividades (e.g. forrageio, marcação de território, cuidado parental), se tratando, portanto, de um estudo de área de vida. Além disso, a área de vida dos indivíduos foi determinada separadamente para cada estação reprodutiva estudada (entre agosto e dezembro de 2016 e no mesmo período em 2017).

Para a determinação da área de vida, primeiramente, os indivíduos capturados e marcados foram monitorados em campo através do método animal-focal (Altmann 1974), que consiste em seguir os indivíduos, registrando sua localização, atividades e comportamentos (Odum e Kuenzler 1955, Marini et al. 2010). Após o encontro de um indivíduo nas áreas de estudo, o mesmo foi acompanhado pelo máximo de tempo possível, sendo que após ser perdido de vista, dava-se a busca por outros indivíduos nas áreas de estudo. Cada indivíduo monitorado teve os pontos de localização registrados com um GPS de mão a cada período de tempo (e.g. 5 min) ou a cada grande deslocamento (e.g. 10-15 m) (Odum e Kuenzler 1955, Marini et al. 2010), obtendo assim pontos georreferenciados para a determinação das áreas de vida de cada indivíduo. O método animal-focal foi aplicado diariamente nas áreas de estudo em ambas as estações reprodutivas, com exceção dos dias em que condições climáticas impediram as atividades. Em cada dia de amostragem o método foi aplicado no período

da manhã e da tarde, principalmente nos horários em que os indivíduos estavam mais ativos (entre 06:00 e 11:00 da manhã e entre 15:00 e 19:00 da tarde). Os demais horários do dia foram destinados a procura de ninhos (ver abaixo).

Dois estimadores de áreas de vida foram utilizados: mínimo polígono convexo (MPC) e estimador de densidade de Kernel. O MPC, apesar das ressalvas (ver Laver e Kelly 2008 e Powell 2000), é considerado o estimador de área de vida mais antigo (Odum e Kuenzler 1955, Powell 2000) e sua fácil aplicação o torna útil em termos comparativos com demais estudos (Harris et al. 1990). O método consiste em unir os pontos mais externos em que um indivíduo foi observado, formando um polígono sem admitir concavidades (Odum e Kuenzler 1955). Kernel (Worton 1989), por sua vez, é considerado um dos melhores e mais utilizados estimadores de área de vida (Seaman e Powell 1996, Powell 2000, Laver e Kelly 2008). No presente estudo foi utilizado o Kernel Fixo 95% (ou seja, com fator de suavização constante para um dado conjunto de pontos e 95% de contorno) e o fator de suavização foi determinado pelo método de validação cruzada de quadrados mínimos (*least square cross-validation*), como recomendado por Seaman e Powell (1996) e Laver e Kelly (2008). As análises foram realizadas no software R versão 3.5.1 (R Core Team 2018) com o pacote *adehabitatHR* (Calenge 2015).

Recomenda-se o uso de curvas de área de vida (área x pontos de localização) para determinar quais indivíduos foram suficientemente amostrados e assim obter áreas de vida representativas (Haines et al. 2009). Entretanto, no caso de *Hemitriccus kaempferi*, como as áreas de vida dos indivíduos estudados foram muito pequenas, a adição de novos pontos de localização provocou grandes alterações nas curvas de área de vida, de modo que nenhum dos indivíduos amostrados teve a curva de área de vida nitidamente estabilizada (inspeção visual). Assim, optou-se por apresentar estimativas

de áreas de vida para aqueles indivíduos que demonstraram fidelidade local (Powell 2000), ou seja, que foram vistos com regularidade nas áreas de estudo (i.e. eram localizados diariamente aparentando ter áreas de vida estabelecidas dentro das áreas de estudo; defendiam territórios; reproduziram nas áreas), e que consideramos satisfatoriamente amostrados de acordo com o tempo de monitoramento em campo. Assim, junto das estimativas de área de vida, apresentamos o tempo de monitoramento animal-focal e o número de pontos independentes utilizados para o cálculo da área de vida de cada indivíduo conforme recomendado por Seaman et al. (1999).

Para verificar se houve variação significativa no tamanho da área de vida entre os sexos (machos e fêmeas), entre as áreas de estudo (ART e SER) e entre os anos de estudo (2016 e 2017), foi utilizado o teste t de Student, visto que todos os conjuntos de dados apresentaram normalidade (Shapiro-Wilk, $P > 0,05$) e homogeneidade de variâncias (teste F, $P > 0,05$). Para verificar se houve variação entre os anos, primeiramente foram utilizadas as áreas de vida obtidas para todos os indivíduos nos dois anos, assumindo independência entre os indivíduos e anos, e posteriormente foi realizado o teste t pareado (amostras dependentes) somente para aqueles indivíduos que foram monitorados em ambos os anos de estudo. As análises foram realizadas com os tamanhos de área de vida obtidos apenas com o estimador de Kernel (95%) e foram realizadas no software R versão 3.5.1 (R Core Team 2018).

Comportamento alimentar, estratégias de forrageio e dieta

Na estação reprodutiva de 2017, durante o monitoramento de indivíduos utilizando o método animal-focal (Altmann 1974), foi observado o comportamento de procura por alimento e contabilizadas as estratégias de forrageio executadas por cada um dos indivíduos anilhados. As técnicas de forrageio empregadas pela espécie foram

identificadas de acordo com a classificação proposta por Fitzpatrick (1980) para tiranídeos neotropicais. Apresentamos ainda as estratégias de acordo com Remsen-Jr e Robinson (1990), que fazem uma padronização para todas as aves terrestres. Quando possível, foram identificados os itens alimentares capturados, e os mesmos foram identificados a nível de Ordem. Informações adicionais sobre dieta foram obtidas no monitoramento de ninhos (ver abaixo).

Busca e monitoramento de ninhos

Buscas por ninho foram realizadas diariamente entre agosto e dezembro nos anos de 2016 e 2017 (com exceção dos dias em que condições climáticas impediram as atividades). As buscas foram feitas de duas formas: 1) por meio do método animal-focal (Altmann 1974), no qual os indivíduos anilhados foram acompanhados em suas áreas de vida na busca por comportamentos reprodutivos (e.g. transporte de material para o ninho ou alimento para filhotes) e posteriormente seguidos até o local do ninho, e; 2) através de busca por ninhos na vegetação, conduzida entre uma e duas horas por dia nos horários em que os indivíduos estavam pouco ativos para o acompanhamento através do método animal-focal (e.g. entre 10:00 e 12:00 hr ou entre 13:00 e 15:00 hr). A busca ativa por ninhos foi conduzida em áreas de vida de diferentes indivíduos a cada dia de monitoramento.

Após o encontro de um ninho, o mesmo foi monitorado para a determinação dos diversos aspectos reprodutivos, que incluem: 1) descrição de ninho; 2) descrição de ovos; 3) data de postura de ovos; 4) determinação do período de incubação; 5) data de eclosão; 6) período que ninhegos permanecem no ninho; 5) participação dos indivíduos adultos na construção do ninho; 6) cuidado parental (incubação; proteção e alimentação de ninhegos) e; 7) dieta de filhotes (i.e. descrição de itens alimentares entregues pelos

adultos aos filhotes). Os ninhos foram monitorados com intervalos de 1 a no máximo 3 dias, sendo acompanhados em dias consecutivos em torno de eventos de transições esperados entre os estágios (e.g. postura, eclosão) para estabelecer com precisão a data dos eventos. Observações do ninho variaram de 10 a 100 minutos por dia de acordo com a atividade do ninho e condições climáticas em cada dia de monitoramento. Para o monitoramento foi estabelecido um local distante aproximadamente 5 metros do ninho e que permitisse a visualização do mesmo e dos indivíduos marcados de forma a minimizar o estresse e evitar eventual abandono do ninho. Para as observações foi utilizado binóculo (10 x 42) e, quando as condições climáticas permitiam, vídeos foram realizados para gravar eventos de construção do ninho, incubação, ou alimentação de filhotes. Devido ao formato dos ninhos e posição dos mesmos em relação ao solo (ver seção resultados), que dificultavam o acesso e visualização da câmara de incubação, e para evitar danos à vegetação circundante ao ninho, foi utilizada uma microcâmera com cabo flexível (tipo sonda) para visualizar o interior do ninho e acompanhar a postura e eclosão dos ovos, assim como sobrevivência dos ninhegos.

A descrição do ninho seguiu o padrão de Simon e Pacheco (2005) para aves neotropicais. Os ninhos foram medidos e coletados após os filhotes deixarem o ninho, e o material foi depositado no Museu do Departamento de Ecologia e Zoologia da Universidade Federal de Santa Catarina (números tombo CAUFSC386 e CAUFSC387). Para realizar medidas de ninho e ovos foram utilizados régua, paquímetro digital (precisão de 0,01 mm) e balança/pesola (precisão de 0,25 g).

Outros aspectos ecológicos durante a estação reprodutiva

Além das informações acima mencionadas, foram coletados dados sobre aspectos ecológicos gerais da espécie durante o monitoramento animal-focal e captura

de indivíduos. Tais observações incluem descrições de comportamentos e relações sociais, de interações com predadores e potenciais espécies competidoras, de manutenção de plumagem e de atividades de banho, além de notas sobre morfometria e muda de plumagem. Para verificar se existem diferenças significativas entre medidas morfométricas obtidas para machos e fêmeas foi utilizado o teste t de Student, para conjuntos de dados que apresentaram normalidade (Shapiro-Wilk, $P > 0,05$) e homogeneidade de variâncias (teste F, $P > 0,05$), ou teste de Mann-Whitney, para aqueles conjuntos de dados que não foram normais ou homocedásticos.

Resultados

Captura, monitoramento e comportamento de indivíduos

Ao todo foram capturados 21 indivíduos nas áreas de estudo durante as duas estações reprodutivas, dos quais 12 eram machos e nove eram fêmeas (Tabela 1). Na área ART foram capturados cinco indivíduos entre agosto e dezembro de 2016, sendo quatro machos e uma fêmea (Tabela 1). Apenas um dos indivíduos não foi mais avistado na área de estudo após a captura (indivíduo HK_BRA; macho). Na estação seguinte (2017), apenas dois dos indivíduos capturados em 2016 permaneceram nesta área de estudo (indivíduos HK_MAR e HK_NIN). Seis novos indivíduos (dois machos e quatro fêmeas) foram capturados em 2017. Do total de indivíduos marcados na estação de 2017 ($N = 8$), dois não foram mais avistados após a captura (HK_MAG e HK_BRU; Tabela 1).

Na área SER, por sua vez, foram capturados sete indivíduos entre agosto e dezembro de 2016, quatro machos e três fêmeas (Tabela 1), e todos os indivíduos capturados foram avistados em campo após a soltura. Na estação seguinte (2017), quatro dos sete indivíduos permaneceram nesta área de estudo, e outros três indivíduos

novos foram capturados (um macho e duas fêmeas). Novamente, todos os indivíduos marcados em 2017 nesta área puderam ser monitorados em campo.

Considerando as duas estações, foram obtidos 10.684 min (178 hr 04 min) de monitoramento animal focal. O tempo médio de acompanhamento dos indivíduos utilizando este método, considerando as duas estações, foi de 427,3 min (\pm 350,3 min), sendo que machos foram acompanhados em média 654 min (\pm 284,7 min), enquanto fêmeas foram acompanhadas em média 152 min (\pm 142,5 min). Esta discrepância se deve à diferença de comportamento entre machos e fêmeas durante a estação reprodutiva. Os indivíduos podem ser vistos aos pares principalmente durante o início do mês de setembro, permitindo o monitoramento de ambos conjuntamente em diversas oportunidades. No entanto, por volta da metade de setembro, machos e fêmeas começam a executar tarefas distintas e são vistos juntos apenas em poucas ocasiões ao longo do restante da estação. Machos adotam uma postura territorialista, defendendo seus territórios com muita intensidade. Utilizam vocalizações (chamado e cantos) constantemente e rufam (friccionam) as asas de maneira a exibir sua presença e informar possíveis fêmeas e machos sobre seu território. Tais comportamentos tornam os machos mais conspícuos e relativamente mais fáceis de seguir. Devido ao comportamento de defesa do território, machos são capturados mais facilmente, respondendo tanto ao *playback* de outros machos como de fêmeas. Fêmeas, em contraste, dedicam-se às atividades reprodutivas (ver seção sobre reprodução) e adotam comportamentos extremamente crípticos. Raramente vocalizam ou rufam asas, fazendo-o apenas em eventuais encontros com os machos, e não permitem serem seguidas pelo observador por muito tempo. Tornam-se mais visíveis quando estão alimentando filhotes fora do ninho, uma vez que emitem chamados para encontrá-los (e vice-versa). Capturas de fêmeas são difíceis pois raramente respondem às vocalizações (*playback*)

dos machos, somente às vocalizações de outras fêmeas. Assim, de modo geral, as fêmeas são de difícil percepção, captura e monitoramento em campo.

Área de vida

Os tamanhos das áreas de vida foram estimados apenas para os indivíduos que foram vistos com regularidade nas áreas de estudo ao longo das estações reprodutivas. Não houve registros suficientes para a estimativa da área de vida para oito indivíduos monitorados (Tabelas 1 e 2). De acordo com o MPC, a média dos tamanhos de área de vida, somando as duas estações reprodutivas e ambas as áreas de estudo, foi de $0,77 \pm 0,36$ hectares (ha), com área mínima de 0,15 ha e máxima de 1,50 ha. A média da área de vida dos machos utilizando o MPC foi de $0,94 \pm 0,27$ ha e das fêmeas foi $0,43 \pm 0,28$ ha. De acordo com Kernel (95%), a média da área de vida de cada indivíduo foi de $1,88 \pm 0,59$ ha, com mínima de 0,83 ha e máxima de 2,95 ha. A média do tamanho das áreas de vida dos machos utilizando Kernel foi de $2,04 \pm 0,49$ ha enquanto das fêmeas foi de $1,56 \pm 0,69$ ha. Não houve diferença significativa entre o tamanho da área de vida de machos e fêmeas ($t = 1,4162$; $g.l. = 16$; $P = 0,17$), mesmo esta sendo ligeiramente maior nos machos.

Tabela 1. Indivíduos de *Hemitriccus kaempferi* marcados nas áreas de estudo (ART e SER): 1) código individual; 2) ano de monitoramento; 3) sexo; 4) tempo de monitoramento animal-focal (min); 5) nº de pontos utilizados no cálculo de área de vida e 6) tamanho de área de vida (hectares) segundo os métodos MPC (100%) e Kernel (95%). (*) indivíduos monitorados nas duas estações reprodutivas (2016 e 2017).

Código individual	Ano	Sexo	Tempo monit.	Nº pontos	MPC (100%)	KERNEL (95%)
Área - ART						
HK_CES	2016	M	610	33	0,92	1,91
HK_AMA	2016	M	360	23	0,43	1,14
HK_MAR	2016	M	60	5	-	-
HK_NIN	2016	F	60	3	-	-
HK_BRA	2016	M	-	-	-	-
HK_MAR (*)	2017	M	895	44	0,74	1,80
HK_COR	2017	M	765	37	0,97	2,52
HK_DEX	2017	M	865	30	0,95	2,70
HK_MAD	2017	F	120	12	0,27	1,50
HK_MAG	2017	M	30	4	-	-
HK_VIK	2017	F	45	9	-	-
HK_NIN (*)	2017	F	60	6	-	-
HK_BRU	2017	F	-	-	-	-
<i>Média machos - ART</i>					0,80	2,01
<i>Méida fêmeas - ART</i>					0,27	1,50
<i>Média geral - ART</i>					0,71	1,93
Área - SER						
HK_SER	2016	M	690	41	1,16	2,10
HK_LUC	2016	M	840	43	0,87	1,70
HK_FEL	2016	M	790	46	0,91	1,68
HK_MA	2016	F	260	13	0,15	0,83
HK_MCH	2016	F	170	22	0,34	1,27
HK QUI	2016	M	264	23	0,72	1,89
HK_ORE	2016	F	65	11	-	-
HK_SER (*)	2017	M	775	50	1,50	2,95
HK_LUC (*)	2017	M	935	46	0,96	1,95
HK_MLU	2017	F	350	30	0,96	2,78
HK_ALF	2017	M	1010	54	1,18	2,19
HK_MA (*)	2017	F	485	24	0,50	1,12
HK_BLU	2017	F	120	15	0,34	1,86
HK_MCH (*)	2017	F	60	6	-	-
<i>Média machos- SER</i>					1,04	2,07
<i>Méida fêmeas- SER</i>					0,46	1,57
<i>Média geral - SER</i>					0,80	1,86
Média final - machos					0,94	2,04
Média final - fêmeas					0,43	1,56
Média final - geral					0,77	1,88

Na área ART, durante a estação reprodutiva de 2016, quatro indivíduos foram monitorados em campo, dos quais apenas dois (ambos machos) foram satisfatoriamente monitorados permitindo o cálculo de suas áreas de vida (Tabela 1). Os indivíduos apresentaram áreas de vida de 0,92/1,91 ha (MPC/Kernel) e 0,43/1,14 ha respectivamente (Fig. 2). Nenhuma fêmea foi vista com regularidade na área de estudo, e a área de vida do indivíduo macho HK_AMA não foi frequentada por nenhuma fêmea. Durante a estação reprodutiva de 2017, dos sete indivíduos monitorados nesta área, foi possível calcular as estimativas para três machos e uma fêmea (Tabela 1; Fig. 3), com média de 0,73/2,13 ha (MPC/Kernel). O indivíduo HK_MAR, que havia sido observado apenas esporadicamente vagando entre as áreas de outros indivíduos em 2016, estabeleceu uma área definida em 2017, substituindo o indivíduo HK_AMA (que não foi observado durante a segunda estação reprodutiva) (Figs. 2 e 3). Diferenças na plumagem e no comportamento do indivíduo HK_MAR entre as estações de 2016 e 2017 (ver seção "Outros aspectos ecológicos durante a estação reprodutiva") sugerem que em 2016 o indivíduo era um jovem, e apenas estabeleceu um território/área de vida definitiva em 2017. Nenhuma fêmea foi observada na área deste macho na estação reprodutiva de 2017 (Fig. 3). Duas fêmeas foram vistas apenas esporadicamente na área de vida do indivíduo macho HK_COR em 2017 (Fig. 3). O indivíduo HK_NIN (fêmea) foi visto apenas esporadicamente nesta área de estudo em ambos os anos de monitoramento. Considerando as duas estações reprodutivas, a área de vida média dos indivíduos nesta área de estudo foi de 0,71/1,93 ha (MPC/Kernel).

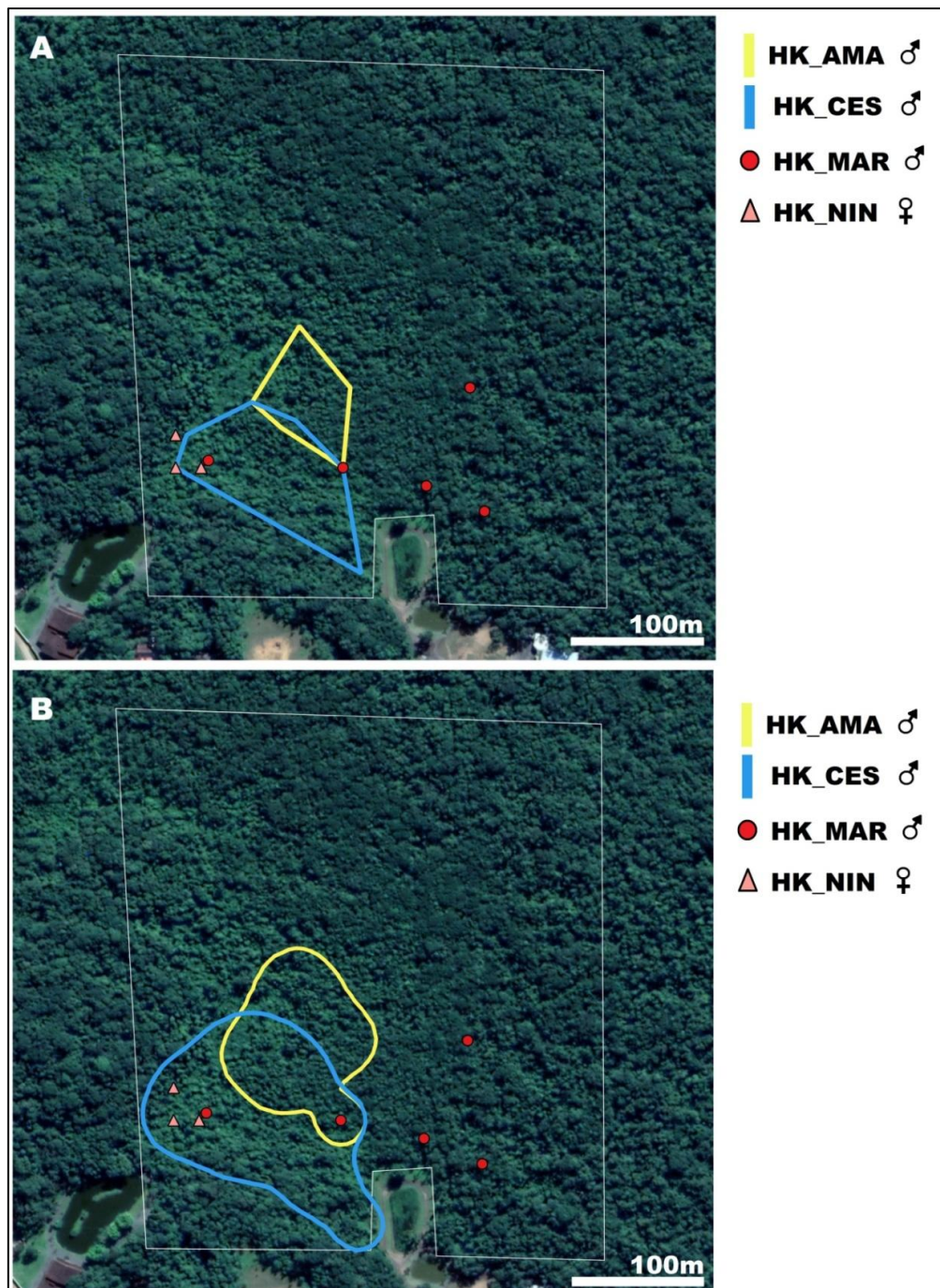


Fig. 2. Área de vida de indivíduos da espécie *Hemitriccus kaempferi* marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2016 na área de estudo ART, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo.

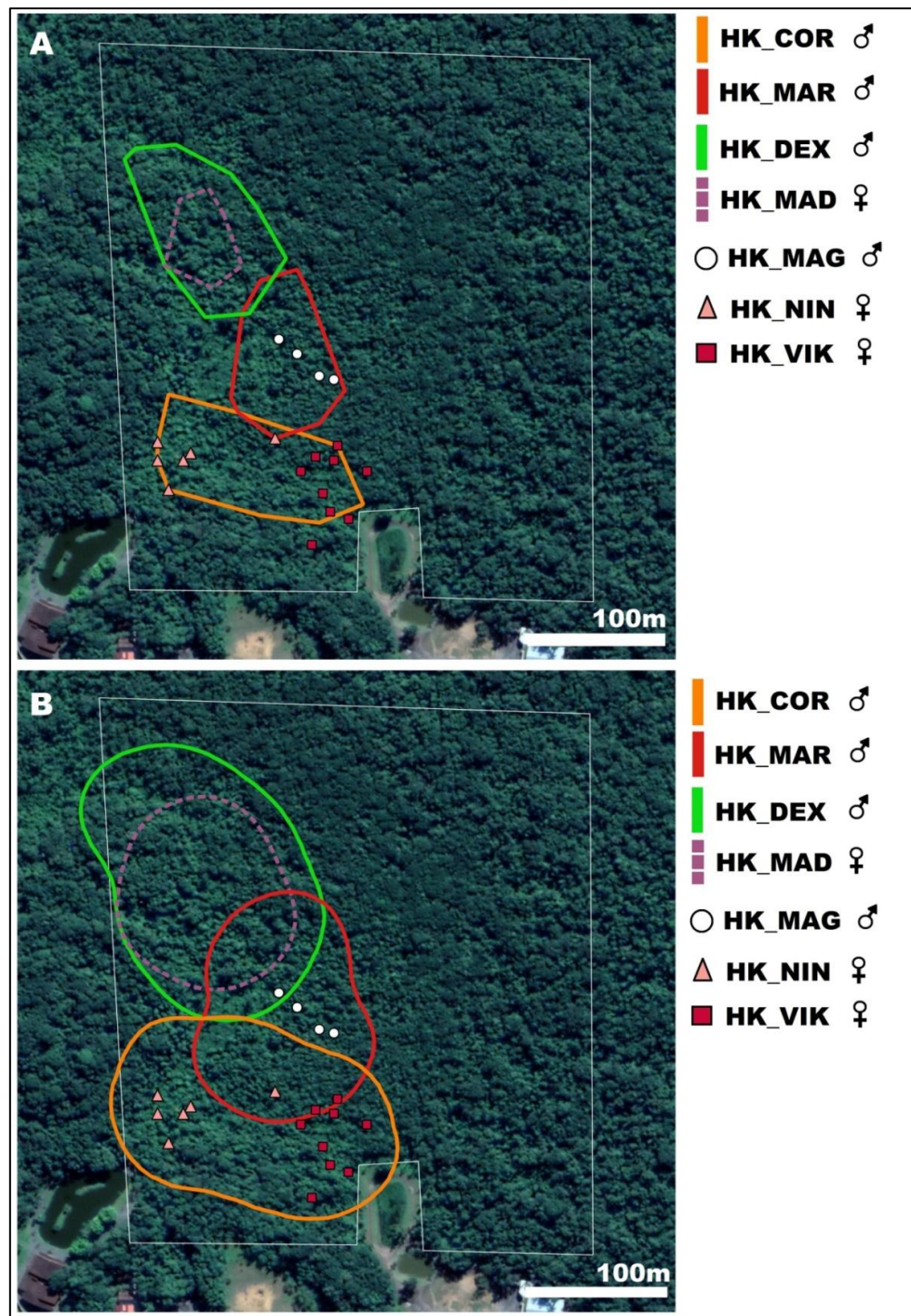


Fig. 3. Área de vida de indivíduos da espécie *Hemitriccus kaempferi* marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2017 na área de estudo ART, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Linhas coloridas pontilhadas = fêmeas. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo.

Na área de estudo SER, dos sete indivíduos monitorados em 2016, apenas um (HK_ORE, fêmea) não teve a área de vida calculada uma vez que foi observado apenas esporadicamente (Tabela 1). Os demais indivíduos, quatro machos e duas fêmeas, foram observados com regularidade nas áreas de estudo e a média de suas áreas de vida foi de 0,69/1,57 ha (MPC/Kernel) (Fig. 4). Ambas as fêmeas (indivíduos HK_MCH e HK_MA) compartilharam suas áreas de vida com o indivíduo macho HK_FEL (Fig. 4). Nenhuma fêmea foi observada nas áreas dos indivíduos machos HK_SER e HK_QUI em 2016 (Fig. 4). Na estação de 2017, dos sete indivíduos monitorados, um foi observado esporadicamente e não teve a área de vida calculada (HK_MCH, Tabela 1). A média das áreas de vida dos outros seis indivíduos nesta estação foi de 0,90/2,14 ha (MPC/Kernel) (Fig. 5). Três indivíduos, dois machos (indivíduos HK_SER e HK_LUC) e uma fêmea (indivíduo HK_MA), permaneceram nesta área de estudo de um ano para outro e mantiveram suas áreas de vida no mesmo local. A fêmea (HK_MA) reproduziu na área nos dois anos consecutivos, mesmo com a substituição do macho na sua área de vida (HK_FEL em 2016 e HK_ALF em 2017). Considerando os dois anos de monitoramento, a área de vida média em SER foi de 0,80/1,86 ha (MPC/Kernel).

Não houve diferença significativa entre o tamanho das áreas de vida obtidas nas duas áreas de estudo ($t = 0,2233$; $g.l. = 16$; $P = 0,82$). Foi encontrada apenas diferença significativa entre os anos de monitoramento ($t = 2,2597$; $g.l. = 16$; $P = 0,03$), sendo que a área de vida média foi maior em 2017. No entanto, quando foram comparados apenas os indivíduos que foram monitorados em ambos os anos, não foi encontrada diferença significativa no tamanho da área de vida ($t = 2,3932$; $g.l. = 2$; $P = 0,14$). Isto indica que a diferença inicialmente encontrada entre os anos pode ser atribuída aos novos indivíduos que se estabeleceram nas áreas de estudo em 2017, enquanto os indivíduos que permaneceram de um ano para o outro tiveram tamanho de área de vida similar.

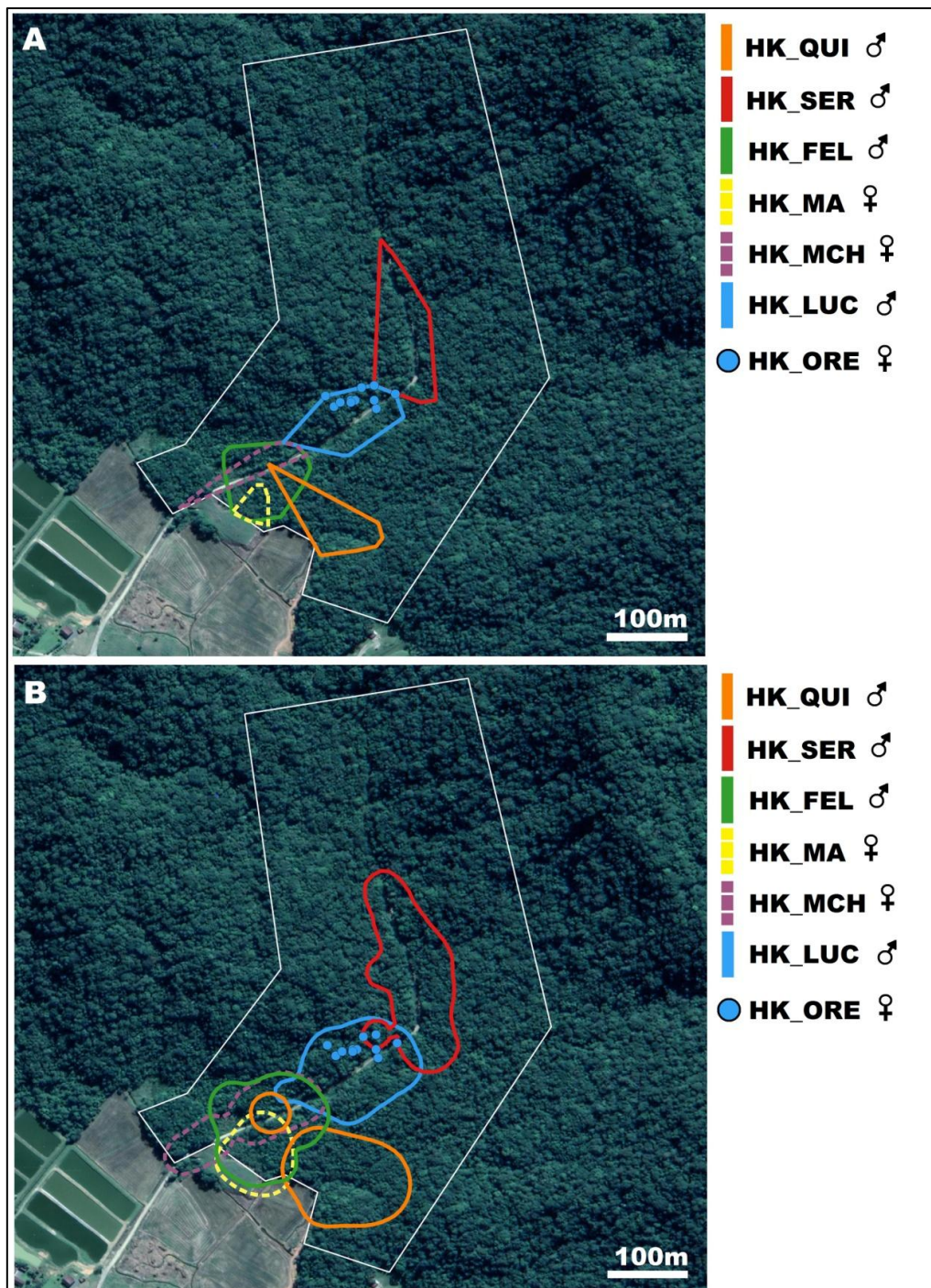


Fig. 4. Área de vida de indivíduos da espécie *Hemitriccus kaempferi* marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2016 na área de estudo SER, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Linhas coloridas pontilhadas = fêmeas. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo.

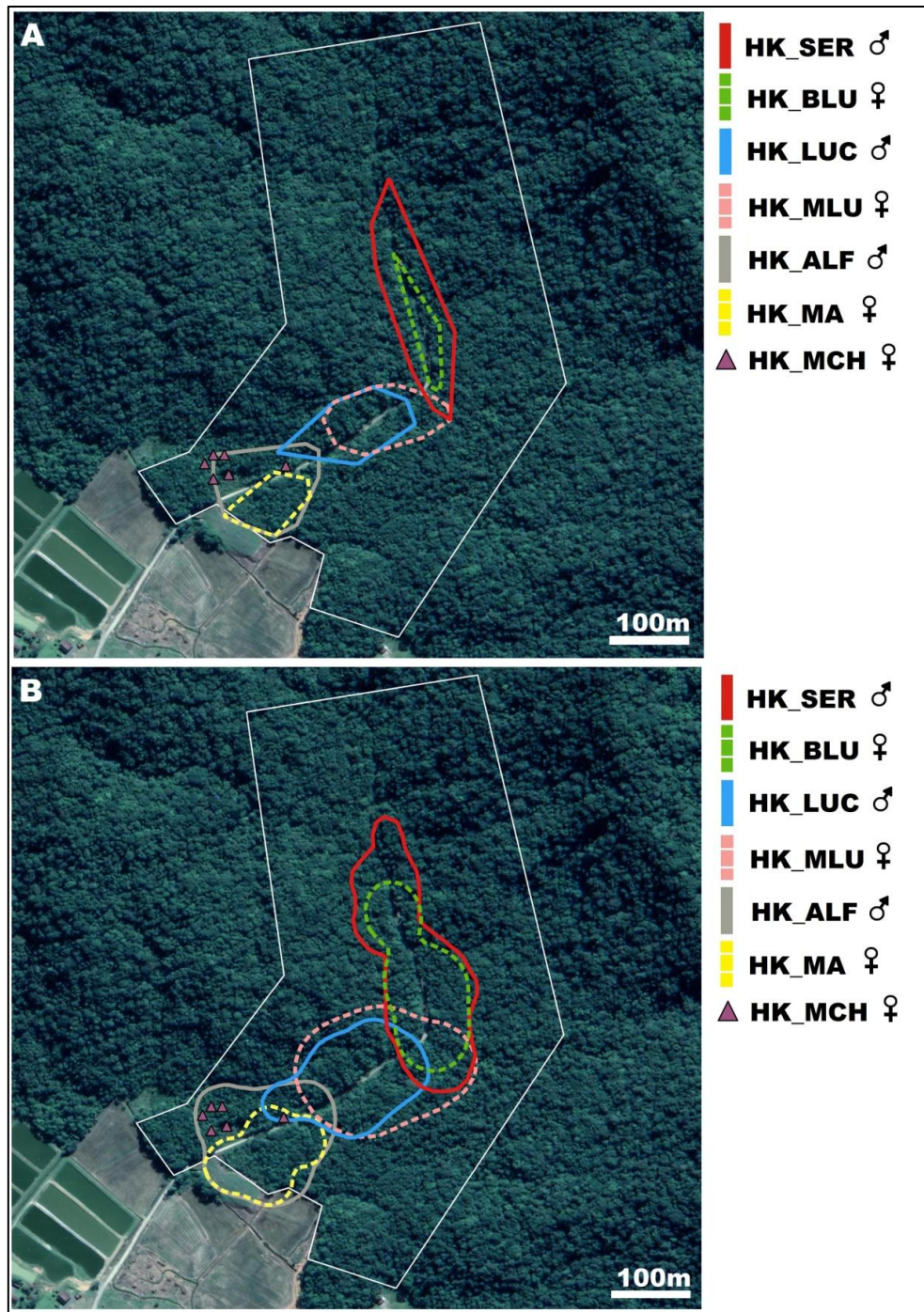


Fig. 5. Área de vida de indivíduos da espécie *Hemitriccus kaempferi* marcados e monitorados entre agosto e dezembro de 2017 na área de estudo SER, Joinville, Santa Catarina. A) Área de vida de acordo com mínimo polígono convexo (100%). B) Área de vida de acordo com Kernel fixo (95%). Linha branca = limite da área de estudo. Linhas coloridas contínuas = machos. Linhas coloridas pontilhadas = fêmeas. Símbolos = pontos de encontro com indivíduos observados esporadicamente na área de estudo.

Comportamento alimentar, estratégias de forrageio e dieta

Hemitriccus kaempferi forrageia sozinho ou aos pares (principalmente no início da estação reprodutiva) no sub-bosque entre um e seis metros de altura. No entanto, não foi raro observar indivíduos forrageando próximo ao solo (menos de um metro) ou na copa de árvores (entre 10 e 15 metros de altura). Em nenhuma ocasião foi observada participação em bandos mistos durante a estação reprodutiva, mesmo quando estes cruzavam as áreas de vida/territórios dos indivíduos monitorados. De modo geral, a procura pelo alimento (*searching behaviour*) ocorre da seguinte maneira: 1) o indivíduo pousado em um poleiro observa a vegetação circundante, geralmente realizando movimentos rotativos ou laterais com a cabeça; 2) caso localize uma presa, rapidamente executa um movimento de ataque (descrito abaixo), podendo voltar ao mesmo poleiro ou se dirigir a outro ponto; 3) se não localizar uma presa, move-se para outro ponto/poleiro, onde faz novas observações na vegetação e assim sucessivamente. Dessa forma, pode-se classificar o comportamento como do tipo "ativo", no qual os indivíduos mudam de poleiro constantemente, realizam pequenas pausas, e executam voos curtos (Remsen-Jr & Robinson 1990).

Ao todo foram observados 647 eventos de ataque (tentativas de captura de presas) por indivíduos adultos, jovens e filhotes durante a estação de 2017 (Tabela 3). Sete estratégias/técnicas de forrageio foram detectadas nestes eventos de acordo com a classificação de Fitzpatrick (1980) (e cinco estratégias de acordo com a classificação de Remsen-Jr & Robinson (1990), adicionada abaixo entre parêntesis). A estratégia de forrageio mais empregada entre os indivíduos foi "*upward striking*" ("*sally-strike*") ($N = 494$; 76,4%), que consiste em pegar o alimento na superfície inferior de um substrato (e.g. superfície foliar abaxial) realizando um salto curto e rápido para cima impulsionado pelas asas, e sem pairar no ar. Uma estratégia similar, "*downward*

striking" ("*sally-strike*"), foi utilizada 27 vezes (4,2%). Nesta a presa é capturada em uma superfície exposta (e.g. superfície foliar adaxial) com um salto curto e rápido em direção horizontal ou para baixo, também impulsionado pelas asas e sem pairar no ar. "*Pearch gleaning*" ("*glean*"), que consiste em pegar o alimento em um substrato próximo, sem necessidade de salto ou movimento acrobático, foi a segunda estratégia mais empregada, sendo observada 82 vezes (12,7%). Outra estratégia bastante utilizada foi "*upward hover-gleaning*" ("*sally-hover*") ($N = 38$; 5,9%). Neste caso, o indivíduo salta para cima e paira no ar com rápido bater de asas para capturar a presa na superfície inferior de um substrato. Em quatro ocasiões esta técnica foi empregada para capturar itens alimentares presos a teias de aranha.

Outras três estratégias, "*aerial hawking*" ("*sally*") ($N = 4$; 0,6%), "*downward hover-gleaning*" ("*sally-hover*") ($N = 1$; 0,2%) e "*hang-upsidedown*" ($N = 1$; 0,2%), foram empregadas apenas ocasionalmente. Na primeira, a presa é capturada no ar a partir de um poleiro, e pode ser considerada uma variação de "*upward striking*". Em duas ocasiões, *aerial hawking* foi seguido de uma perseguição aérea sobre a presa em direção ao solo, com o indivíduo chegando a pousar no chão em uma das ocasiões. "*Downward hover-gleaning*" assemelha-se a "*upward hover-gleaning*" e ocorre quando o indivíduo salta para baixo e paira no ar (com rápido bater de asas) para capturar a presa na superfície superior de um substrato. "*Hang-upsidedown*" foi observada em apenas uma ocasião, quando um indivíduo usou as patas para se agarrar ao substrato (uma folha) de cabeça para baixo e retirar a presa.

Entre os indivíduos adultos monitorados, com exceção daqueles em que houve apenas uma observação de tentativa de captura de presas, foram detectadas de duas a cinco estratégias de forrageio por indivíduo (Tabela 3). Nenhum indivíduo executou todas as sete estratégias observadas para a espécie. Para todos os indivíduos adultos

com mais de uma observação, a estratégia *upward striking* foi a mais empregada, com proporções variando entre 66,7% e 85,7% das estratégias utilizadas pelos indivíduos (Tabela 3). *Pearch gleaning* foi a segunda estratégia mais empregada (6,5% - 28,6%), com exceção dos indivíduos HK_MA e HK_MAD, cuja segunda estratégia mais utilizada foi respectivamente *upward hover-gleaning* e *downward hover-gleaning*.

Apenas 39 itens alimentares foram identificados através das observações de estratégias de forrageio, uma vez que a maioria das presas apresentava tamanho diminuto, não sendo possível a identificação com o uso de binóculos. Nove ordens de artrópodes foram identificadas: Lepidoptera ($N = 28$; sendo 26 larvas e 2 adultos); Blattodea ($N = 2$); Coleoptera ($N = 2$); Diptera (Tipulidae; $N = 2$); Mantodea ($N = 1$); Odonata ($N = 1$); Orthoptera ($N = 1$); Phasmatodea ($N = 1$) e Araneae ($N = 1$). Apenas a ordem Mantodea não foi observada como item alimentar durante o monitoramento de ninhos (ver seção sobre reprodução).

Tabela 3. Estratégias de forrageio empregadas por indivíduos da espécie *Hemitriccus kaempferi* durante a estação reprodutiva de 2017. As estratégias de forrageio seguem Fitzpatrick (1980): U.S. = *upward striking*; D.S. = *downward striking*; P.G. = *pearch gleaning*; U.H. = *upward hover-gleaning*; D.H. = *downward hover-gleaning*; A.H. = *aerial hawking*; H.U.D. = *hang-upsidedown*.

Indivíduo	Sexo	Estratégia de forrageio N (%)							Total
		U.S.	D.S.	P.G.	U.H.	D.H.	A.H.	H.U.D.	
HK_COR	macho	39 (76,5%)	4 (7,8%)	7 (13,7%)	1 (2%)				51
HK_DEX	macho	24 (85,7 %)	2 (7,1%)	2 (7,1%)					28
HK_LUC	macho	53 (85,5%)	4 (6,5%)	4 (6,5%)	1 (1,6%)				62
HK_MAR	macho	96 (72,2%)	4 (3%)	21 (15,8%)	12 (9%)				133
HK_ALF	macho	53 (82,8%)	2 (3,1%)	5 (7,8%)	3 (4,7%)		1 (1,6%)		64
HK_SER	macho	121 (81,2%)	4 (2,7%)	21 (14,1%)	2 (1,3%)			1 (0,7%)	149
HK_MCH	fêmea		1 (100%)						1
HK_MA	fêmea	67 (69,1%)	6 (6,2%)	9 (9,3%)	13 (13,4%)		2 (2,1%)		97
HK_MLU	fêmea	14 (82,4%)		2 (11,8%)	1 (5,9%)				17
HK_MAD	fêmea	4 (80%)				1 (20%)			5
HK_VIK	fêmea	1 (100%)							1
HK_NIN	fêmea	14 (66,7%)		6 (28,6%)			1 (4,8%)		21
Filhotes	-	8 (44,4%)		5 (27,8%)	5 (27,8%)				18
Total		494 (76,4%)	27 (4,2%)	82 (12,7%)	38 (5,9%)	1 (0,2%)	4 (0,6%)	1 (0,2%)	647 (100%)

Reprodução

Resultados gerais

Foram encontrados dois ninhos de *H. kaempferi* durante os dois anos de monitoramento, ambos na área SER e pertencentes ao mesmo indivíduo (HK_MA; fêmea) em diferentes estações reprodutivas. O primeiro ninho (N1; Fig. 6-A; 26°19'33,1"S, 48°58'15,2"O; CAUFSC 386) foi encontrado em 22 de novembro de 2016 com um ninhego bem desenvolvido. O ninhego deixou o ninho no dia seguinte do encontro do mesmo (23/11), impedindo o monitoramento do ninho (Fig. 6-B). O segundo ninho (N2; Fig. 7-A; 26°19'32,4"S, 48°58'15,0"O; CAUFSC 387) foi encontrado em construção em 06 de setembro de 2017 (Fig. 7-B) e acompanhado até os

filhotes deixarem o ninho (total de 33 hr 22 min de monitoramento e 16 hr 53 min de vídeo gravado). Em ambas as ocasiões foi possível ainda acompanhar o cuidado parental fora do ninho (total de 6 hr 25 min). Apesar de não ter sido encontrado ninho na área ART, um indivíduo (HK-MAD; fêmea) foi observado alimentando dois filhotes fora do ninho em 25 de outubro de 2017, e posteriormente foram monitorados em diversas ocasiões (total 1 hr 55 min). Adicionalmente, uma cópula foi observada nesta mesma área em 23 de novembro de 2017.



Fig. 6. Ninho de *Hemitriccus kaempferi* encontrado em 22/11/2016 (N1; CAUFSC 386) na localidade da Serrinha, município de Joinville, litoral norte do estado de Santa Catarina. A) foto do ninho finalizado. B) ninhego no momento em que deixou o ninho em 23/11/2016.



Fig. 7. Ninho de *Hemitriccus kaempferi* encontrado em 06/09/2017 (N2; CAUFSC 387) na localidade da Serrinha, município de Joinville, litoral norte do estado de Santa Catarina. A) ninho em construção. B) ninho finalizado.

Descrição de côrte e cópula

Em 23 de novembro de 2017 uma cópula foi presenciada na área ART. Na ocasião a fêmea (indivíduo HK_NIN) estava pousada em um poleiro a aproximadamente 5 metros de altura. O macho (indivíduo HK_COR), que apresentava as penas ouriçadas/arrepiadas, realizava pequenos saltos ao redor da fêmea, que permanecia imóvel. Em um determinado momento, o macho saltou sobre o dorso da fêmea, realizou a cópula ao mesmo tempo que produzia um forte som trinado. Não foi possível identificar se o som foi produzido pela siringe ou pela fricção de asas. Em seguida o macho rapidamente voou para longe da fêmea emitindo estalos e posteriormente um canto. A fêmea rapidamente desapareceu de vista. Sons emitidos na hora da cópula foram gravados. Entre os meses de setembro e novembro de 2017, a única fêmea observada (esporadicamente) na área de vida do indivíduo macho HK_COR foi HK_VIK. No entanto, a cópula se deu com a fêmea HK_NIN que, apesar

de anilhada em 2016, não havia sido encontrada na área de estudo em 2017 até o momento da cópula. Esta fêmea passou a frequentar a área de vida deste macho alguns dias após a cópula.

Construção do ninho

A construção de N2 foi detectada em 06 de setembro de 2017 e acompanhada até o dia 16 do mesmo mês. Entre esta data e a postura do primeiro ovo (23 de setembro) não foi detectada nenhuma atividade de construção, indicando que o mesmo estava pronto uma semana antes da primeira postura. Apenas um indivíduo foi responsável pela construção do ninho, sendo este a fêmea (HK_MA). O transporte de materiais para a construção do ninho se deu de maneira bastante furtiva, uma vez que o indivíduo se deslocava no subbosque denso próximo ao solo (entre 10-50 cm) por vários metros até alcançar o ninho, tornando difícil a detecção do processo de construção via animal-focal. De modo geral, a adição de material na porção externa ocorre da seguinte maneira: o indivíduo traz material longo e filamentosos (e.g. musgo verde, Fig. 8-A), pousa sobre o ponto de fixação do ninho (e.g. pecíolo foliar) e gira o corpo sobre este ponto, de modo que o material de uma ou mais voltas sobre o eixo de fixação. Posteriormente, o indivíduo entremeia/costura a ponta do novo filamento nos filamentos adicionados anteriormente formando um feixe de longos filamentos verticais que irão formar a parede externa do ninho. Folhas e pedaços de casca de árvore (pau-papel, *Tibouchina* sp.) são adicionados à parede externa através de simples deposição, sendo que por vezes este tipo de material foi derrubado durante o processo de construção do ninho ou alimentação de filhotes. Para construção da câmara interna, o indivíduo utiliza o bico para costurar material na porção interna das paredes do ninho (de modo transversal ao feixe de filamentos externos) e usa tanto o corpo como o bico para dar

formato a câmara. Por fim, ocorre a deposição de material "plumoso" (ver descrição do ninho) na porção interna para forrar a câmara de incubação (Fig. 8-B).

Ambos os ninhos foram construídos no mesmo ambiente, distantes cerca de 15 metros um do outro (em diferentes estações reprodutivas). O local era caracterizado por uma vegetação densa em estágio inicial de sucessão, medindo em média 5 metros de altura, com presença marcante de espécies arbóreas/arbustivas do gênero *Tibouchina* sp. (pau-papel) e *Mimosa* sp. (pé-de-silva). No estrato inferior, também bastante denso, predominavam espécies como *Heliconia* sp. (caeté), *Blechnum* sp. (samambaias), *Bactris setosa* (tucum), além de grande densidade de gramíneas e ciperáceas. O solo nos arredores do ninho era lodoso e frequentemente encoberto por uma lâmina d'água, principalmente após períodos de intensa chuva. N1 foi construído a 5 m da borda desta vegetação, enquanto N2 estava localizado a aproximadamente 20 m da borda.

Descrição do ninho

Os ninhos encontrados são do tipo fechado, em formato ovalado/piriforme (quando a altura é aproximadamente duas vezes a largura; ver medidas na Tabela 4; Fig. 9; Simon e Pacheco 2005). A fixação principal do ninho está na parte superior. N1 foi fixado a dois caules finos que se cruzavam formando um "Xis" (X), sendo o suporte principal o ponto de interseção entre os dois caules. N2 foi fixado a um pecíolo foliar. Adicionalmente a esta fixação principal, em ambos os ninhos a parede lateral englobou parte do caule das plantas que serviam de suporte. Esta "fixação lateral" adicional evitava movimentos rotativos ou laterais do ninho em eventos de alimentação de filhotes ou dias de ventos fortes. Ambos os ninhos apresentaram entrada lateral com pequeno alpendre que encobria parte da entrada. Externamente são constituídos principalmente de longos filamentos de musgo verde vivo, e também rizomorfos

fúngicos, fibras vegetais secas e pequenos gravetos (Fig. 8 - C a F). Além disso, são externamente decorados com pedaços de casca de árvore (e.g. pau-papel *Tibouchina* sp.) e folhas secas. Parte do material (e.g. filamentos de musgos e rizomorfos) pendiam além da base do ninho. A câmara interna é formada por filamentos vegetais finos, secos e macios, e forrada com uma fina camada de material plumoso (e.g. sementes aladas de Bromeliaceae; Fig. 8-B). Os ninhos foram construídos a menos de 0,5m do solo (N1 = 48 cm da base ao solo; N2 = 28 cm da base ao solo) e suas medidas são apresentadas na Tabela 4 e na Figura 9.

Tabela 4. Métricas obtidas para cada ninho de *Hemitriccus kaempferi*. N1 = ninho encontrado em 22/11/2016. N2 = ninho encontrado em 06/09/2017.

Métricas (cm)	N1	N2
Distância base - solo	48,0	28,0
Altura externa	19,0	18,0
Profundidade externa	10,0	8,7
Largura externa	8,5	8,5
Altura interna	5,3	6,4
Profundidade interna	7,1	5,8
Largura interna	5,2	5,4
Largura da entrada	2,8	2,8
Altura da entrada	2,1	3,5

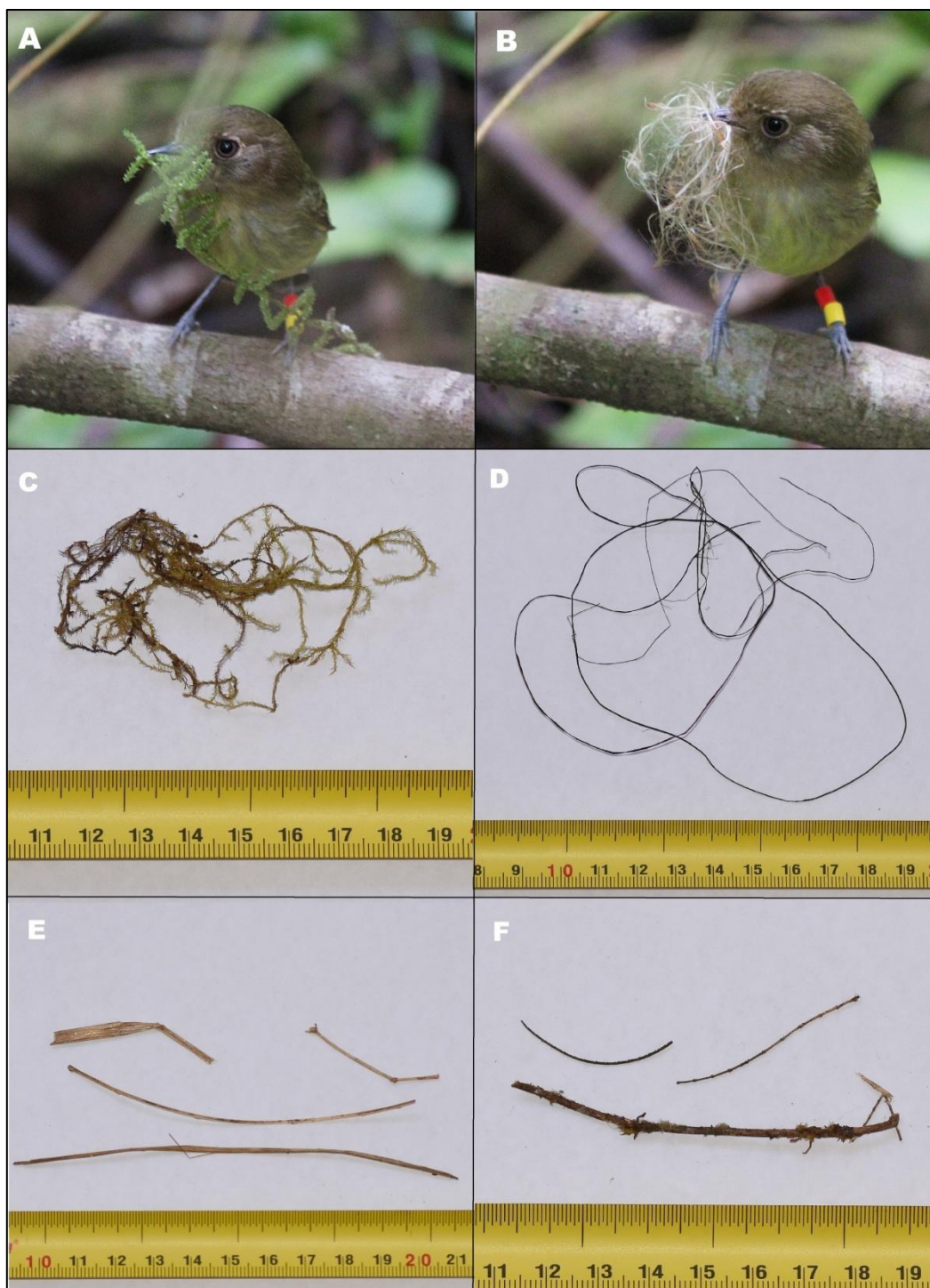


Fig. 8. Materiais utilizados na construção do ninho de *Hemitriccus kaempferi*. A) indivíduo (fêmea; HK_MA) trazendo musgo verde vivo para adicionar à parede externa do ninho. B) indivíduo trazendo material plumoso (sementes aladas) para forrar a câmara de incubação. C) filamento de musgo verde vivo; D) rizomorfo fúngico; E) filamentos vegetais secos; F) gravetos. Escala em centímetros (cm).

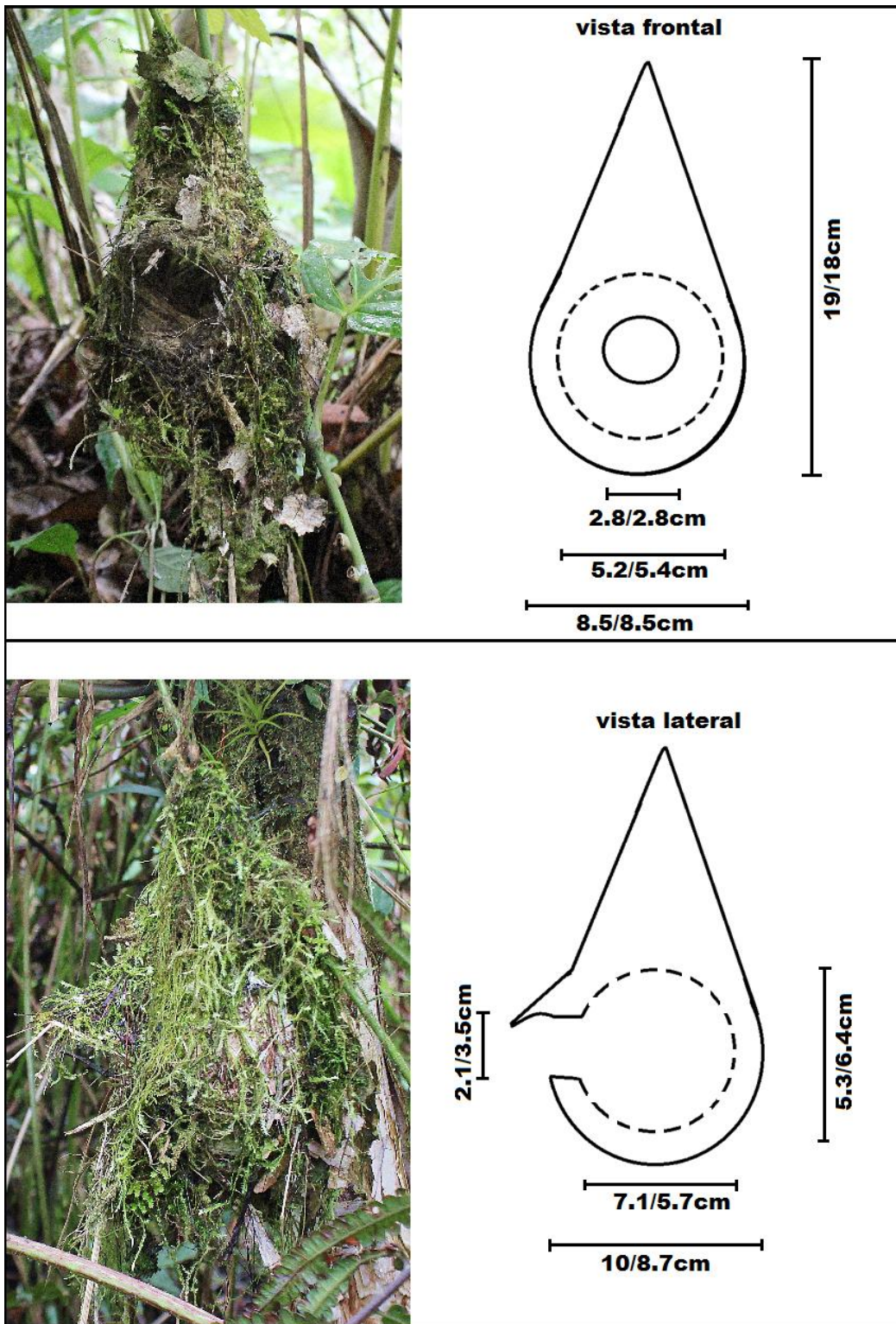


Fig. 9. Vista frontal (N2) e lateral (N1) do ninho de *Hemitriccus kaempferi*, com representações e métricas de cada ninho (N1/N2). Linha tracejada indica a câmara interna de deposição e incubação de ovos.

Postura, período de incubação e permanência dos filhotes

Em N1 foi encontrado um ninhego, em N2 foi acompanhada a postura de dois ovos e outra fêmea foi encontrada alimentando dois filhotes fora do ninho. Isto sugere que o tamanho da postura varie de um a dois ovos. Em N2, a postura do primeiro ovo ocorreu em 23 de setembro de 2017 e a postura do segundo ovo ocorreu 2 dias depois (25 de setembro). A incubação, assim como a construção do ninho, foi executada apenas por um indivíduo (fêmea, HK_MA). Turnos diurnos de incubação (considerando apenas os turnos completos observados) variaram de 10 a 35 minutos ($N = 15$; média= 21 min 44 s; total de 05 hr 26 min de incubação monitorada), e foram executados tanto no período da manhã ($N = 8$) quanto no período da tarde ($N = 7$). O primeiro ninhego nasceu em 14 de outubro e o segundo em 15 de outubro, ou seja, períodos de incubação de 22 e 21 dias, respectivamente. Seis dias após o nascimento dos ninhegos, a fêmea ainda ocupava o ninho para aquecê-los. Depois desse período a fêmea não foi mais vista dentro do ninho. Os filhotes deixaram o ninho no dia 3 de novembro, ou seja, 19 dias após a eclosão do segundo ovo.

Descrição de ovos e filhotes

Devido a dificuldade de retirar o ovo em função do formato do ninho, e para evitar o abandono do único ninho encontrado na estação de 2017, apenas o primeiro ovo foi retirado do ninho, medido e fotografado antes da segunda postura. O ovo era de coloração creme com manchas castanhas bem distribuídas ao longo do ovo (Fig. 10-A e B), média 18,6 x 13,97 mm e pesava 2,0 g, que corresponde a 24% do peso da fêmea (8,3g). Os filhotes nasceram com pouca cobertura de plumas e com olhos fechados, sendo a cor da pele rosa no corpo e cinza escuro na região orbital (Fig. 10-C). Dois dias após o nascimento foi perceptível uma cobertura de plumas acinzentada sobre os

ninhegos (dorso e cabeça), e 10 dias após o nascimento os mesmos estavam cobertos de raquis em desenvolvimento tanto de penas de contorno como rêmiges. Os filhotes deixaram o ninho com retrizes ainda não totalmente formadas, mas com rêmiges e penas de contorno bem desenvolvidas (Fig. 6-B). Sete dias após deixarem o ninho, as retrizes dos filhotes atingiram quase metade do tamanho das retrizes de um indivíduo adulto (Fig. 11-A). Com 13 dias fora do ninho as retrizes atingem aproximadamente dois terços das retrizes dos adultos, e com 19 dias estão quase completamente desenvolvidas (Fig. 11-B e C).

Comparando com indivíduos adultos, os filhotes apresentaram, de modo geral, coloração mais atenuada (menos viva) nas penas de contorno, sendo a região ventral branco-creme (amarela no adulto) e região da cabeça e alto do peito oliva/marrom-claro (oliva/marrom-ferrugíneo no adulto). Filhotes ainda apresentam a iris castanha-escura (castanho-claro/rosada no adulto) e um anel perioftálmico branco, o que os assemelha bastante ao congêneres *Hemitriccus orbitatus*. Além disso, filhotes não possuem manchas pretas na porção terminal das retrizes e nem cauda bifurcada (presente nos adultos; Fig. 11-D e E; ver seção "Outros aspectos ecológicos durante a estação reprodutiva"). Manchas amarelas na porção superior das rêmiges secundárias estão presentes desde a primeira formação das mesmas (Fig. 11-B). Em 10 de janeiro de 2017, em eventual excursão a campo para avaliar a continuidade do monitoramento fora da estação reprodutiva, o filhote de N1 foi observado ainda acompanhado da fêmea, indicando que o mesmo permaceu junto a mãe por pelo menos 48 dias (deixou o ninho em 23 de novembro de 2016). Nesta ocasião a íris do filhote já havia obtido uma tonalidade mais clara/rosada.



Fig. 10. Ovos e ninhegos de *Hemitrircus kaempferi*. A) Ovo retirado do ninho e fotografado em 24/09/2017. B) Postura do segundo ovo em 25/09/2017. C) Nascimento do primeiro ninhego em 14/10/2017, e o segundo ovo ainda não eclodido. Imagens B e C obtidas com microcâmera de cabo flexível (tipo sonda). Escala em centímetros (cm).



Fig. 11. Diferentes fases dos filhotes de *Hemitriccus kaempferi* após deixarem o ninho em 03 de novembro de 2017. Figuras (A), (B) e (C) correspondem aos filhotes com respectivamente sete, 13 e 19 dias fora do ninho. Figura (D) mostra cauda em desenvolvimento de um dos filhotes sem a presença de manchas negras na porção terminal das retrizes, enquanto a figura (E) mostra a cauda da fêmea (indivíduo adulto) com manchas negras (seta vermelha).

Informações adicionais sobre cuidado parental

Todas as ações relacionadas ao cuidado parental, que incluem limpeza (e.g. recolhimento de sacos fecais), alimentação e proteção dos filhotes no ninho e fora dele, foram executadas exclusivamente pelas fêmeas. Machos nunca foram vistos próximos ao ninho ou filhotes, sendo por vezes repelidos pelas fêmeas. No dia 12 de outubro de 2017 o macho HK_ALF se aproximou e vocalizou próximo ao ninho (N2), e a fêmea, que estava dentro do ninho, saiu prontamente e repeliu o macho com perseguições curtas e vocalizações.

Com os filhotes ainda no ninho (N2), antes de qualquer evento de incubação, alimentação ou limpeza, a fêmea se posicionava em um pequeno poleiro (galho horizontal), permanecendo no mesmo por alguns segundos observando os arredores antes de se dirigir ao ninho. O poleiro situava-se abaixo do ninho (aproximadamente 10 cm do solo) e a uma distância de 75 cm. Raras foram as vezes em que a fêmea não se posicionou no mesmo poleiro antes de acessar o ninho.

O recolhimento de sacos fecais ocorre de dentro da câmara incubatória quando os filhotes são recém-nascidos. No entanto, 14 dias após a eclosão, os filhotes começaram a colocar a cloaca para fora da abertura do ninho e defecar na presença da fêmea, que retirava as fezes diretamente da cloaca dos filhotes (Fig. 12). Em algumas oportunidades a fêmea não esperou tempo suficiente e os filhotes defecaram na entrada do ninho ou para fora do mesmo, sendo os sacos fecais recolhidos posteriormente pela fêmea. Não foi possível observar se houve consumo de sacos fecais uma vez que sempre foram levados imediatamente para longe do ninho.

No monitoramento de N2 foram observados 301 eventos de alimentação de filhotes no ninho, nos quais foram possíveis identificar os itens alimentares em 130 eventos. Estes incluem as seguintes ordens de artrópodes: Lepidoptera ($N = 54$; sendo

25 adultos e 29 larvas); Coleoptera ($N = 27$); Orthoptera ($N = 13$); Araneae ($N = 12$); Diptera (Tipulidae, $N = 11$); Blatodea ($N = 6$); Odonata ($N = 2$); Phasmatodea ($N = 2$); Hemiptera ($N = 2$) e; Hymenoptera ($N = 1$) (Tabela 5; Fig. 13). Intervalos entre os eventos de alimentação no ninho variaram de 13 s a 26 min 54 s, com média de 3 min 18 s (desvio padrão ± 3 min 46 s) entre cada alimentação. Fora do ninho foram observados 92 eventos de alimentação de filhotes, dos quais em apenas 14 foi possível identificar os itens alimentares, que incluem as ordens: Lepidoptera ($N = 4$; 2 larvas e 2 adultos); Araneae ($N = 2$); Coleoptera ($N = 2$); Diptera ($N = 2$); Blatodea ($N = 1$); Hemiptera ($N = 1$); Odonata ($N = 1$) e; Phasmatodea ($N = 1$) (Tabela 5).

Em 10 de novembro de 2017 foi presenciado um comportamento agonístico da fêmea (HK_MA) em relação a passagem de um predador próximo aos filhotes que já estavam fora do ninho. Na ocasião, um *Micrastur semitorquatus* (falcão-relógio) realizou um voo baixo no sub-bosque a aproximadamente 15 metros do local onde os filhotes se encontravam. Imediatamente a fêmea desceu próxima ao solo (menos de 1m de altura) e emitiu chamados ríspidos por cerca de dois minutos consecutivos. Seus filhotes permaneceram imóveis no ponto onde se encontravam (uma copa de um arbusto a aproximadamente 5 metros de altura).



Fig. 12. Indivíduo adulto (fêmea) de *Hemitriccus kaempferi* recolhendo saco fecal diretamente da cloaca do filhote com 15 dias de permanência no ninho.

Tabela 5. Dieta de filhotes de *Hemitriccus kaempferi* em eventos de alimentação no ninho e fora do mesmo.

Filo/Classe/Ordem	Ninho	Fora do ninho	Total
Filo Arthropoda			
Classe Arachnida			
Ordem Araneae	12	2	14
Classe Insecta			
Ordem Blattodea	6	1	7
Ordem Coleoptera	27	2	29
Ordem Diptera (Tipulidae)	11	2	13
Ordem Hemiptera	2	1	3
Ordem Hymenoptera	1		1
Ordem Lepidoptera (adulto/larva)	25/29	2/2	58
Ordem Odonata	2	1	3
Ordem Orthoptera	13		13
Ordem Phasmathodea	2	1	3
Total	130	14	144
Itens não identificados	171	78	259



Fig. 13. Itens alimentares entregues a filhotes de *Hemitriccus kaempferi* em eventos de alimentação no ninho e fora do mesmo. Ordens de Classe Insecta: A) Coleoptera; B) Diptera (Tipulidae); C) Orthoptera; D) Odonata; E) Lepidoptera (larva) e F) Lepidoptera (adulto). Figuras A, B, C e E mostram o poleiro comumente utilizado pela fêmea antes de acessar o ninho.

Aprendizado de filhotes

Foram presenciados vôos de 2 a 5 m no dia em que o filhote de N1 deixou o ninho. Na primeira semana em que os filhotes estão fora do ninho, permanecem grande parte do tempo imóveis em algum ponto da área de vida dos adultos, geralmente onde a vegetação é bastante densa e fornece bom abrigo. Além disso, praticamente não vocalizam, sendo de difícil detecção caso não seja localizada a fêmea transportando alimento. A partir da segunda semana fora do ninho os filhotes passam a se deslocar e a emitir chamados quando são deixados muito tempo sozinhos pela fêmea. As vocalizações diferem do chamado do adulto, o que torna a detecção dos filhotes mais fácil em campo.

As primeiras tentativas de alimentação executadas pelos filhotes de N2 foram vistas em 16 de novembro, 13 dias após deixarem o ninho. Estas consistiram basicamente de tentativas desequilibradas de executar as técnicas "*pearch gleaning*" (captura de presas em substrato próximo sem executar salto/voo) e "*upward hover-gleaning*" (quando o indivíduo salta para cima e paira no ar com rápido bater de asas para capturar a presa) (ver detalhes sobre as técnicas na seção de estratégias de forrageio; Fitzpatrick 1980). Neste mesmo dia, um dos filhotes capturou um pequeno item preso a uma teia de aranha (Fig. 14-A e B), enquanto o outro capturou uma semente alada (Fig. 14-C) e a largou após verificar que não se tratava de alimento. No dia 24 de novembro, 21 dias após deixarem o ninho, um dos filhotes de N2 foi visto executando a técnica "*upward striking*" (pegar o alimento na superfície inferior de um substrato realizando um salto) com bastante precisão.

Em 28 de novembro a fêmea de N2 (HK_MA) levou um pequeno inseto (aparentemente pertencente a Ordem Blattodea) para um dos filhotes (Fig. 14-D). O filhote bateu o inseto contra o galho na tentativa de retirar suas asas e não o ingeriu. A

fêmea pegou o inseto do filhote e bateu contra o galho novamente. Em seguida devolveu para o filhote que voltou a bater contra o galho. Este procedimento foi repetido três vezes até o filhote ingerir o inseto. O evento sugere que a fêmea estava ensinando o filhote a manuzear o alimento. Ainda na mesma data (25 dias fora do ninho), os filhotes de N2 foram vistos executando "*pearch gleaning*" ($N = 5$), "*upward hover-gleaning*" ($N = 2$) e "*upward striking*" ($N = 1$), no entanto, não foi possível identificar se houve sucesso no forrageamento. Em 27 e 29 de novembro, os filhotes encontrados já fora do ninho na área ART em 25 de outubro (portanto, mais de um mês fora do ninho) foram vistos realizando "*upward striking*" ($N = 7$) e "*upward hover-gleaning*" ($N = 3$). Aparentemente, a técnica "*upward striking*" é utilizada mais tardiamente pelos filhotes ao longo de seu desenvolvimento.



Fig. 14. Eventos de tentativa de alimentação e manipulação de alimentos por filhotes de *Hemitriccus kaempferi*. A e B) predação de item alimentar (seta vermelha) preso a uma teia de aranha usando a técnica *pearch gleaning*. C) manipulação de semente alada (não consumida). D) fêmea entregando inseto (provavelmente Blattodea) para ser manipulada pelo filhote antes da ingestão.

Outros aspectos ecológicos durante a estação reprodutiva

Defesa, disputas e invasões territoriais

Como mencionado anteriormente, os machos defendem intensamente seus territórios durante a estação reprodutiva a ponto de se dedicarem apenas à defesa de território, cópula, alimentação e higiene próprias durante este período, deixando as demais tarefas relativas à reprodução a cargo das fêmeas. Os territórios são exaustivamente defendidos pelos machos com o uso de vocalizações e rufar (fricção) de asas, sendo que os mesmos podem permanecer até 30 minutos parados em determinado ponto vocalizando próximo aos limites de seu território com o território de seu vizinho. Em diversas ocasiões, enquanto um indivíduo era monitorado, foi possível escutar o indivíduo vizinho vocalizando e sinalizando sua presença a uma curta distância (e.g. a 15-20 m). Durante todo o monitoramento dos indivíduos, apenas quatro eventos de invasões por parte de machos foram detectados: 1) indivíduo HK_CES invadindo o território de HK_AMA (área ART, estação 2016); 2) indivíduo HK_AMA invadindo o território de HK_CES (área ART, estação 2016); 3) indivíduo HK_QUI invadindo o território de HK_FEL (área SER, estação 2016); 4) indivíduo HK_LUC invadindo o território de HK_ALF (área SER, estação 2017). Nesses eventos, os indivíduos "invasores" mudaram completamente o comportamento no momento da invasão, deixando de rufar as asas e emitir qualquer tipo de vocalização. Os eventos foram rápidos e não adentraram muito na área de vida dos indivíduos vizinhos, com exceção de uma observação em que HK_QUI foi visto no meio do território defendido por HK_FEL (Fig. 4).

Foram presenciadas ainda três interações entre indivíduos machos no limite dos territórios defendidos pelos mesmos, que foram interpretadas como disputas territoriais. Na primeira ocasião, o indivíduo HK_FEL foi em direção ao território defendido por

HK_LUC (área SER, estação 2016). Ao detectar a presença do indivíduo no limite do território, ambos iniciaram uma sequência de forte rufar de asas seguidas de curtas e rápidas perseguições, com maior intensidade por parte do indivíduo cujo território estava sendo invadido (HK_LUC). Após o indivíduo HK_FEL se evadir do local, HK_LUC emitiu dois cantos consecutivos. Outras duas disputas foram presenciadas entre os indivíduos machos HK_MAR e HK_DEX (área ART, estação 2017). Em ambas houve perseguições rápidas entre os indivíduos nos limites de seus territórios, acompanhadas de forte rufar de asas e também por vocalizações e estalos. De modo geral os conflitos duraram de 1 a 2 minutos, sem contato físico presenciado entre os mesmos.

Comportamento anti-predador e interações com outras aves

Além do já mencionado comportamento agonístico de *H. kaempferi* em relação à *Micrastur semitorquatus* (falcão-relógio), foi observado um comportamento agonístico em função da presença de um indivíduo de *Bothrops jararaca* (jararaca) em 04 de outubro de 2017 na área SER. Na ocasião, o réptil estava exposto ao sol sobre um tronco a aproximadamente 1m de altura, e o indivíduo que estava sendo monitorado (HK_SER) percebeu o potencial predador e começou a realizar pequenos saltos em torno do mesmo enquanto emitia chamados ríspidos em curtos intervalos de tempo. A presença do predador só foi detectada devido à repentina mudança de comportamento do indivíduo monitorado.

No dia 16 de novembro de 2017 o indivíduo HK_SER foi avistado junto de uma grande agregação de indivíduos de outras espécies de aves, incluindo *Thalurania glaucopis* (beija-flor-de-fronte-violeta), *Philydor atricapillus* (limpa-folha-coroadado), *Terenura maculata* (zidedê), *Herpsilochmus rufimarginatus* (chorozinho-de-asa-

vermelha), *Myrmotherula unicolor* (choquinha-cinzenta), *Leptopogon amaurocephalus* (cabeçudo), *Hemitriccus orbitatus* (tiririzinho-do-mato), *Vireo chivi* (juruviara), *Basileuterus culicivorus* (pula-pula) e *Tachyphonus coronatus* (tiê-preto). Todas as aves vocalizavam com muita intensidade e os chamados emitidos por HK_SER eram atípicos, semelhantes aqueles emitidos em comportamentos anti-predador. A agregação durou cerca de dois minutos e posteriormente as aves se dispersaram. Suspeita-se de uma agregação para a sinalização sobre a presença ou passagem de algum potencial predador no local, no entanto, nenhum predador foi observado na ocasião. Descartou-se a possibilidade de formação de bando misto devido a efemeridade da agregação e também pelo fato das aves não estarem explorando recursos alimentares ou se deslocando conjuntamente.

No dia 24 de novembro de 2017 foi presenciada uma interação agonística entre *Lathrotriccus euleri* (enferrujado) e *H. kaempferi* na área SER. O indivíduo HK_SER foi perseguido duas vezes por um indivíduo de *L. euleri*. Outra interação semelhante foi presenciada em 29 de novembro de 2017 na área ART, quando um indivíduo de *Cnemotriccus fuscatus* (guaracavuçu) investiu contra o indivíduo HK_MAR que estava sendo monitorado.

Manutenção de plumagem e banho

O cuidado e higienização das penas é uma atividade constante na espécie, principalmente nos machos. Podem passar 10 a 15 minutos parados no mesmo poleiro, arrumando, higienizando e lubrificando (glândula uropigiana) as penas enquanto emitem chamados de marcação territorial. Foram presenciados seis banhos (indivíduos HK_LUC, HK_MCH, HK_MAR, HK_MA e HK_SER), todos em folhas úmidas pelo orvalho. Os indivíduos pulam com o dorso nas folhas úmidas diversas vezes

consecutivas até encharcar a plumagem e posteriormente iniciam o processo de organização e higienização das penas com o bico (*preening*). Em uma ocasião o indivíduo HK_LUC executou este comportamento na copa de uma árvore, entre 10-12 metros de altura. Em outra, o indivíduo HK_MA tomou banho em folhas de cauté (*Heliconia* sp.) a menos de 50 cm do solo. As demais foram observadas no sub-bosque entre 2 e 4 metros de altura.

Morfometria, muda e outros aspectos da plumagem

As aves pesaram em média $8,31 \pm 0,55$ g, com machos (M) pesando em média $8,58 \pm 0,39$ g e fêmeas (F) $7,97 \pm 0,55$ g. Medidas morfométricas foram em média: 1) diâmetro do tarso = $1,33 \pm 0,14$ mm (M = $1,29 \pm 0,10$ mm; F = $1,39 \pm 0,16$ mm); 2) comprimento do tarso = $19,84 \pm 1,60$ mm (M = $20,89 \pm 1,28$ mm; F = $18,43 \pm 0,54$ mm); 3) distância narina-ponta do bico = $7,63 \pm 0,44$ mm (M = $7,55 \pm 0,40$ mm; F = $7,73 \pm 0,50$ mm); 4) comprimento do bico = $13,20 \pm 0,48$ mm (M = $13,22 \pm 0,38$ mm; F = $13,17 \pm 0,62$ mm); 5) comprimento da cabeça = $30,64 \pm 0,57$ mm (M = $30,72 \pm 0,53$ mm; F = $30,49 \pm 0,73$ mm); 6) comprimento de cauda = $42,43 \pm 3,28$ mm (M = $44,25 \pm 3,05$ mm; F = $40,00 \pm 1,58$ mm); 7) comprimento de asa = $47,62 \pm 2,18$ mm (M = $48,50 \pm 2,15$ mm; F = $46,44 \pm 1,67$ mm); 8) comprimento total = $105,09 \pm 5,99$ mm (M = $109,00 \pm 4,20$ mm; F = $100,40 \pm 4,16$ mm). Dezesete dos indivíduos amostrados no presente estudo tiveram as medidas morfométricas publicadas em Rodrigues et al. (2019).

Foram encontradas diferenças significativas (Teste t/Mann-Whitney) entre machos e fêmeas em relação a duas medidas morfométricas: 1) comprimento do tarso e; 2) comprimento da cauda (Tabela 6). Os machos apresentaram valores morfométricos maiores em relação às fêmeas nas duas métricas.

Tabela 6. Comparação entre medidas morfométricas de machos e fêmeas de *Hemitriccus kaempferi*. Medidas morfométricas baseadas em Ross (2010). M = média. DP = desvio padrão. N = normalidade dos dados (Shapiro-Wilk). H = homogeneidade de variâncias (Teste F). Para diferenças significativas (em negrito) foi considerado $P \leq 0,0055$ (correção para testes múltiplos de acordo com o método de Bonferroni).

Métrica	Machos (M ± DP)	Fêmeas (M ± DP)	Teste T / Mann-Whitney	Valor de P	N	H
Massa corpórea (g)	8,58 ± 0,38	7,97 ± 0,55	$t = 2,9835$	$P = 0,0076$	sim	sim
Comprimento do tarso (mm)	20,89 ± 1,28	18,43 ± 0,54	$U = 106$	$P \leq 0,0001$	sim	não
Diâmetro do tarso (mm)	1,28 ± 0,09	1,39 ± 0,16	$t = -1,8849$	$P = 0,0748$	sim	sim
Narina-ponta (mm)	7,55 ± 0,39	7,73 ± 0,49	$t = -0,9029$	$P = 0,3779$	sim	sim
Comprimento do bico (mm)	13,21 ± 0,38	13,17 ± 0,61	$t = 0,2030$	$P = 0,8413$	sim	sim
Comprimento da cabeça (mm)	30,72 ± 0,52	30,49 ± 0,72	$t = 0,5258$	$P = 0,6179$	sim	sim
Comprimento da cauda (mm)	44,25 ± 3,04	40,00 ± 1,58	$U = 95,5$	$P = 0,0031$	não	sim
Comprimento da asa (mm)	48,50 ± 2,15	46,40 ± 1,66	$t = 2,3746$	$P = 0,0283$	sim	sim
Comprimento total (mm)	109,00 ± 4,19	100,40 ± 4,15	$t = 3,3983$	$P = 0,0079$	sim	sim

No ano de 2016 foram detectadas mudas de penas de contorno (tetrizes) em duas fêmeas, uma recapturada em 24 de novembro (HK_MCH) e uma capturada em 02 de dezembro de 2016 (HK_NIN). Em janeiro de 2017, em eventual excursão a campo para avaliar a continuidade do monitoramento fora da estação reprodutiva, todos os machos em ambas as áreas ($N = 6$) haviam perdido todas as retrizes e estavam com retrizes novas em crescimento (com retrizes internas maiores que as externas). O comportamento dos machos nesse período (janeiro) é completamente diferente do comportamento durante os meses anteriores, não defendem o território, não rufam as asas, vocalizam muito pouco e não respondem ao *playback*. Em 31 de outubro de 2017 foi detectada muda de rêmige primária em uma fêmea (HK_BLU). Em 13 de novembro de 2017 foi recapturado um macho (HK_DEX) com rêmiges e retrizes bem desgastadas, inclusive com quebras de ráquis e barbas (Fig. 15 - A e B). Este mesmo indivíduo

apresentava mudas de rêmiges primárias e penas de contorno (corpo). Em 01 de dezembro de 2017 o indivíduo HK_MAR foi recapturado e apresentava mudas de rêmiges primárias e coberteiras da asa (Fig. 15 - C e D).

Indivíduos adultos de ambos os sexos apresentam retrizes com manchas negras na porção terminal (Fig. 16). Estas manchas estiveram presentes até a segunda ou terceira retriz externa (de fora para dentro), variando de indivíduo para indivíduo, sem uma relação clara com o sexo (Fig. 16 - A até D). As manchas perdem intensidade quanto mais interna for a retriz. Além de apresentarem as maiores manchas negras, as retrizes mais externas também possuem uma mancha amarelo-creme na porção lateral e são levemente curvadas para fora, dando a impressão de uma cauda bifurcada (o que varia conforme a disposição das penas e ângulo de observação). As retrizes, especialmente as mais externas, foram ligeiramente mais curvadas e maiores nos machos (comprimento médio da cauda = $44,25 \pm 3,05$ mm) do que nas fêmeas (comprimento médio da cauda = $40,0 \pm 1,58$ mm). Foram capturados ainda três indivíduos com cauda não curvada (reta) e sem quaisquer manchas (negras ou amarelas) na porção terminal das retrizes, sendo um macho (HK_MAR) e duas fêmeas (HK_MCH e HK_BLU). O indivíduo macho HK_MAR, foi capturado em 2016 sem quaisquer manchas na cauda (Fig. 16 - E). Neste mesmo ano ele não estabeleceu uma área definida e foi visto apenas esporadicamente na área de estudo ART (Fig. 2). Na estação reprodutiva de 2017, no entanto, estabeleceu uma área de vida e defendeu ativamente o território (Fig. 3). Neste mesmo ano, em uma recaptura foi percebida a presença de manchas negras na cauda (Fig. 16 - F). A ausência de manchas nas retrizes pode ser interpretada como um indicativo de indivíduos jovens (ver também descrição de filhotes; Fig. 11).

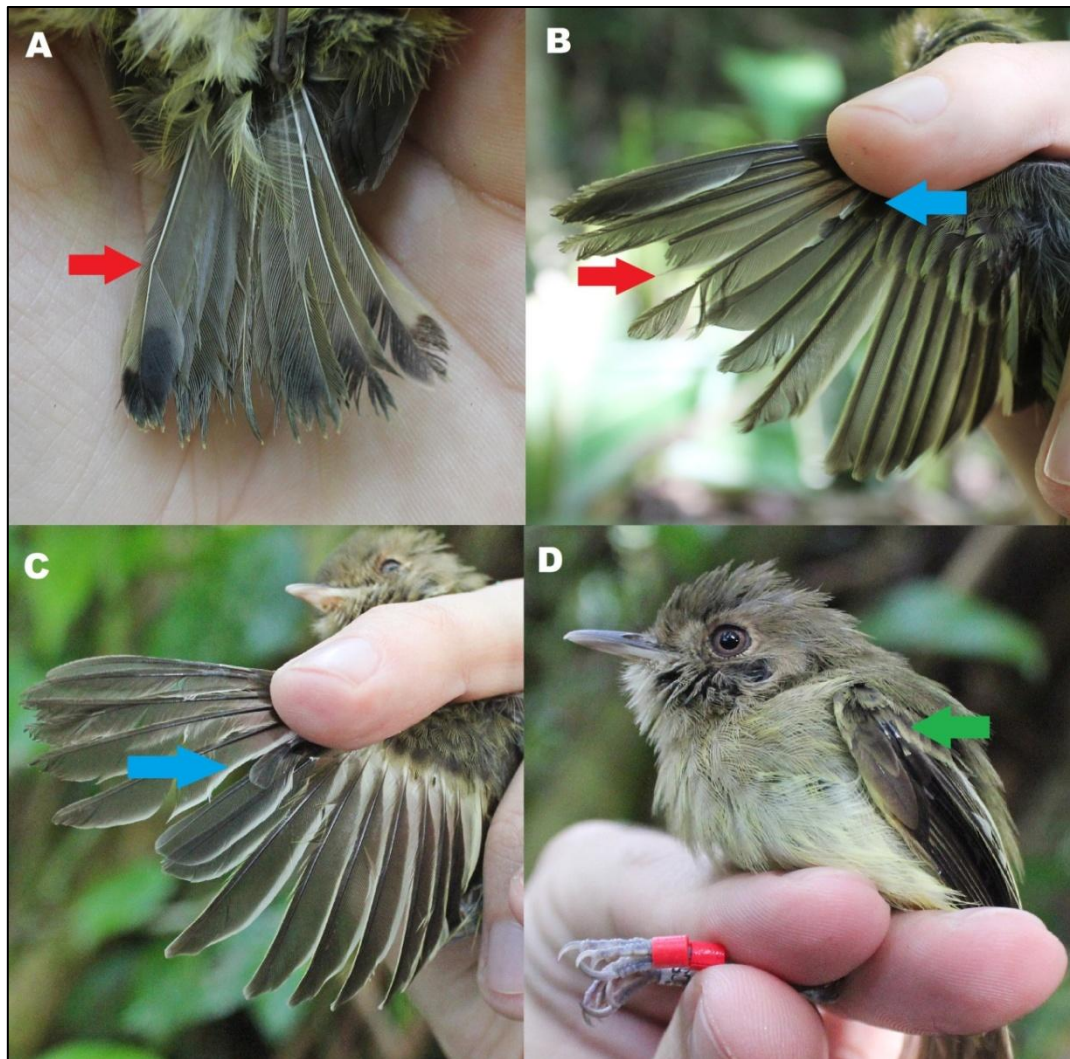


Fig. 15. Sinais de muda detectados em indivíduos recapturados de *Hemitriccus kaempferi* em novembro (A e B - indivíduo HK_DEX) e dezembro (C e D - indivíduo HK_MAR) de 2017. A) retrizes desgastadas com quebra de ráquis (seta vermelha); B) rêmiges desgastadas com quebra de ráquis e barbas (seta vermelha) e também crescimento de novas rêmiges (seta azul); C) crescimento de novas rêmiges (seta azul); D) desenvolvimento de coberteiras da asa (seta verde).



Fig.16. Retrizes de indivíduos adultos e jovens de *Hemitriccus kaempferi* capturados em Joinville, Santa Catarina. A) Macho (HK_LUC) com manchas negras nas 3 retrizes mais externas. B) Macho (HK_FEL) com manchas negras nas 2 retrizes mais externas. C) Fêmea (HK_BRU) com manchas negras nas três retrizes mais externas. D) Fêmea (HK_NIN) com manchas negras nas duas retrizes mais externas. E) Indivíduo

HK_MAR capturado em 2016 sem manchas nas retrizes. F) Indivíduo HK_MAR recapturado em 2017 com manchas nas retrizes.

Discussão

Resultados Gerais

No presente estudo apresentamos informações inéditas sobre a ecologia e biologia reprodutiva de *Hemitriccus kaempferi*. Até o momento, este estudo é um dos mais informativos sobre história natural de uma espécie do gênero *Hemitriccus*. As informações obtidas ao longo de dois anos de monitoramento populacional mostram que os machos da espécie exibem forte territorialidade intrasexual (i.e., defendem territórios apenas em relação a indivíduos do mesmo sexo), aceitam mais de uma fêmea ou jovens em suas áreas de vida/territórios e sua participação nas atividades reprodutivas está restrita a cópula. Fêmeas, entretanto, são responsáveis por toda a atividade reprodutiva, o que inclui a construção do ninho, postura, incubação e cuidado parental.

Apesar de machos e fêmeas terem sido observados aos pares em diversos momentos no início da estação reprodutiva, o que podeira sugerir um sistema de acasalamento monogâmico típico de tiranídeos e rincociclídeos (Verner e Willson 1969, del Hoyo et al. 2019), as observações subsequentes obtidas ao longo das estações reprodutivas trazem, na verdade, mais evidências de um sistema de acasalamento poligínico com defesa de recursos (*Resource defense polygyny*; Alcock 2016). A definição dos sistemas de acasalamento em aves é complexa e depende de um conjunto de características comportamentais, reprodutivas e genéticas (Johnson e Burley 1997). As evidências do sistema de acasalamento poligínico em *H. kaempferi* aqui apresentadas incluem: i) a territorialidade exacerbada nos machos; ii) partilhamento de áreas de vida/territórios de um macho por uma, duas ou nenhuma fêmea; iii) cópula com

fêmea recém chegada no território de um macho (que era inicialmente ocupado por outra fêmea) e; iv) ausência de cuidado parental por parte de machos (Moller 1985, Johnson e Burley 1997, Alcock 2016). Estes fatores, assim como outros aspectos da história natural da espécie, serão discutidos em detalhes nas próximas seções.

Comportamento de machos, fêmeas e jovens durante a estação reprodutiva

Foi observada grande diferença no comportamento e nas atividades executadas por machos e fêmeas durante a estação reprodutiva, o que sugere que a espécie apresente um dimorfismo sexual comportamental (Johnson e Burley 1997). As diferenças comportamentais entre os sexos foram tão acentuadas que influenciaram a captura e o tempo de monitoramento animal-focal dos indivíduos durante a estação reprodutiva. O comportamento altamente territorialista observado em *H. kaempferi* é mencionado na literatura como típico das espécies do gênero (del Hoyo et al. 2019), assim como da família (Sick 1997, del Hoyo et al. 2019). No entanto, em *H. kaempferi* foi observado que apenas os indivíduos machos defendem ativamente os territórios em relação a outros machos, enquanto dividem suas áreas de vida/territórios com uma ou duas fêmeas e/ou indivíduos jovens. Esta territorialidade intrasexual não havia sido observada para o gênero até então, mesmo este sendo um comportamento presente em várias espécies de aves tropicais (Stutchbury e Morton 2001, Fedy e Stutchbury 2005). A territorialidade acentuada em machos é comum em aves com sistemas de acasalamento poligínico (Alcock 2016).

Fêmeas, por sua vez, restringiram suas atividades à reprodução e foram extremamente crípticas, dificultando a sua captura e monitoramento em campo. Estas, apesar de não defenderem territórios ativamente com vocalizações ou rufar de asas, como fazem os machos, são atraídas com mais intensidade à vocalizações (*playback*) de

outras fêmeas. Assim, é possível que as fêmeas de *H. kaempferi* também exibam algum grau de territorialidade intrasexual (Levin 1996, Amundsen 2000). Esta hipótese precisa ser confirmada uma vez que não foi observado nenhum encontro entre fêmeas durante o período monitorado. Uma possível explicação para a territorialidade intrasexual entre fêmeas seria a competição por parceiros com bons territórios ou a defesa de recursos (e.g. alimentos) destinados às atividades reprodutivas (Amundsen 2000).

Indivíduos jovens, por sua vez, não exibiram territorialidade. Este foi o caso, por exemplo, do indivíduo macho HK_MAR que em 2016 não estabeleceu território/área de vida, mas em 2017 defendeu ativamente uma área. Segundo Alcock (2016), indivíduos menos experientes têm pouco a ganhar em tentativas de adquirir um território, especialmente se os lugares com melhores recursos já foram ocupados por indivíduos mais fortes e mais velhos. Assim, indivíduos jovens da espécie poderiam atuar como flutuadores (*Floaters*), uma vez que “flutuam” entre diferentes territórios ou habitats, conservando energia para o estabelecimento de territórios quando forem mais aptos e competitivos (Rolando 2002, Alcock 2016).

Área de vida

O conhecimento a respeito de áreas de vida de aves neotropicais é escasso (Jahn et al. 2010), e para o gênero *Hemitriccus* não é diferente. Foi encontrado apenas um estudo prévio sobre área de vida relativo à espécie *H. josephinae*, cujo tamanho foi em média de 4,6 (MPC) e 5,7 ha (Kernel) (Johnson et al. 2010). Além disso, existem estudos sobre tamanhos de territórios (porção da área de vida defendida) para *H. nidipendulus* (0,5 ha; Ribon e Marini 2016), *H. griseipectus* (3 ha; Terborgh et al. 1990) e *H. zosterops* (3,9 ha; Johnson et al. 2011). Assim, o tamanho médio da área vida observado para *H. kaempferi* (MPC 0,77 ha; Kernel 1,88 ha) é compatível com as

escassas informações disponíveis para o gênero, sendo consideravelmente menor que o estimado para *H. josephinae*, porém maior que o tamanho de território observado para *H. nidipendulus*. O tamanho máximo de área de vida observado para *H. kaempferi* foi de 2,95 ha (indivíduo HK_SER, ano de 2017) segundo o estimador de Kernel, e se assemelha aos tamanhos de territórios observados para *H. griseipectus* e *H. zosterops*.

Para outras espécies da família Rynchocyclidae, foi encontrado apenas um estudo sobre área de vida de *Phylloscartes kronei* (Gussoni 2014). A espécie, que possui tamanho e massa corpórea (8,4 g) similares a *H. kaempferi*, apresentou área de vida média ligeiramente maior através do método MPC, de 1,76 ha (Gussoni 2014). Existem ainda alguns estudos relatando tamanhos de territórios para diversas espécies da família, e serão utilizados de forma comparativa devido à escassez de informações sobre áreas de vida.

De modo geral, os estudos demonstraram tamanhos de territórios maiores que os tamanhos de áreas de vida obtidos para *H. kaempferi*, mesmo para espécies com tamanhos e massas corpóreas similares. Para *Phylloscartes virescens* (8 g), por exemplo, Johnson et al. (2011) relatam tamanho de território de 7,5 ha. Para *Leptopogon amaurocephalus* (12 g) os tamanhos de territórios variam de 2,3 a 3 ha (Terborgh 1990, Ribon e Marini 2016). *Corythopsis delalandi* (14-18 g) e *C. torquatus* (15-18 g) possuem territórios de 1 ha (Ribon e Marini 2016) e 5,7 - 6 ha (Terborgh 1990, Johnson et al. 2011), respectivamente. Para espécies do gênero *Myiornis*, que estão entre os menores passeriformes neotropicais, foram encontrados territórios de 3 ha para *M. atricapillus* (5 g; Robinson et al. 2000), 1,1 ha para *M. auricularis* (5 g; Ribon e Marini 2016) e 3 ha para *M. ecaudatus* (4,2 g; Terborgh 1990). *Tolmomyias assimilis* (12-17,5 g) possui territórios entre 4 e 9,1 ha (Terborgh 1990, Robinson et al. 2000, Johnson et al. 2011), enquanto *T. poliocephalus* (11 g) e *T. sulphurescens* (14,5-15,2 g)

possuem territórios de 5-6 ha e 1,6 ha, respectivamente (Terborgh 1990, Johnson et al. 2011). *Todirostrum chrysocrotaphum* (7 g) e *T. poliocephalum* (7 g) tem territórios de 7 ha e 1,5 ha, respectivamente (Terborgh 1990, Ribon e Marini 2016). Por fim, *Lophotriccus vitoriosus* (6-8,5 g; Johnson et al. 2011) possui território de 3,8 ha, enquanto o território de *Poecilatriccus plumbeiceps* é de 1,7 ha (5,3-6 g; Ribon e Marini 2016). Considerando que territórios (área defendida) podem ter tamanho igual ou menor que as áreas de vida (Powell 2000), pode-se esperar que as áreas de vida das espécies supracitadas sejam maiores que seus territórios. Assim, a área de vida média observada para *H. kaempferi* pode ser considerada uma das menores entre a família Rynchocyclidae de modo geral, se aproximando dos tamanhos de territórios reportados para *M. auricularis*, *T. poliocephalum*, *P. plumbeiceps* e *T. sulphurecens*.

Variações interespecíficas no tamanho da área de vida podem estar relacionados a diversos fatores, como por exemplo, massa corpórea (e.g. quanto maior a massa, maior a necessidade energética e maior será área de vida), nível trófico e dieta (e.g. exigência por determinados recursos), clima (e.g. influencia na produtividade do habitat) e aspectos da história natural de cada espécie (e.g. territorialidade) (McLoughlin e Ferguson 2000). No entanto, ainda existem poucas informações para que se possa estabelecer relações entre área de vida e os fatores acima mencionados para os representantes da família Rynchocyclidae.

Muitas espécies de aves podem apresentar variação no tamanho da área de vida em função do sexo, o que estaria relacionado a fatores como o sistema de acasalamento, seleção diferencial de habitat ou até mesmo diferenças na dieta e requerimento energético entre machos e fêmeas (McLoughlin e Ferguson 2000, Rolando 2002, Ruhmann et al. 2019). Para *H. kaempferi*, apesar da área de vida obtida para os machos ser ligeiramente maior que a das fêmeas, não foi encontrada diferença significativa entre

os sexos. Assim, a pequena variação observada pode estar relacionada, na verdade, com a dificuldade de monitoramento das fêmeas de um modo geral, que são muito crípticas durante o período reprodutivo e tiveram menor tempo de monitoramento animal-focal em relação ao obtido para os machos.

Também não foi observada diferença no tamanho da área de vida dos indivíduos entre as duas áreas de estudo monitoradas. Variações no tamanho de área de vida entre diferentes populações de uma mesma espécie podem estar relacionadas a uma combinação de produtividade do habitat e disponibilidade de recursos alimentares, densidade populacional local e estrutura espacial do ambiente/paisagem (e.g. topografia, fragmentação) (McLoughlin e Ferguson 2000). Alterações na produtividade do habitat e disponibilidade alimentar devem sofrer grande influência de variações climáticas (McLoughlin e Ferguson 2000), que irão ocorrer em escalas espaciais maiores do que a estudada. Assim, a pouca variação encontrada na área de vida entre as populações de *H. kaempferi* pode estar relacionada a proximidade das áreas de estudo (8 km), que resultaria em condições semelhantes de produtividade e disponibilidade de recursos em função da similaridade climática. Ambas as áreas também estão conectadas a grandes blocos de vegetação e apresentam pouca variação topográfica.

Observou-se ainda que o tamanho da área de vida variou significativamente de um ano para outro quando todos os indivíduos foram analisados conjuntamente. No entanto, quando foram comparadas apenas as áreas de vida daqueles indivíduos que permaneceram nas áreas de estudo de um ano para outro, não foi observada diferença significativa entre os anos. Assim, a diferença inicialmente observada entre os anos (considerando todos os indivíduos), pode estar relacionada aos diferentes indivíduos amostrados nas duas estações reprodutivas, e não a uma variação sazonal no tamanho das áreas de vida (por exemplo, em função de alguma flutuação anual de recursos).

Variações no tamanho de área de vida de diferentes indivíduos podem estar associadas tanto a fatores individuais, como tamanho corpóreo (e taxa metabólica), sexo, idade e posição social (e.g. dominância), como a fatores ambientais, como à disponibilidade de alimentos, qualidade local do habitat e taxas de predação (McLoughlin e Ferguson 2000, Rolando 2002).

Cabe destacar ainda a alternância de indivíduos nas áreas de estudo, uma vez que apenas seis dos 12 indivíduos marcados em 2016 permaneceram nas áreas em 2017. Tanto os machos quanto as fêmeas que permaneceram, o fizeram independentemente da mudança de parceiros que sobrepujam suas áreas de vida, indicando que a presença de recursos adequados (e não necessariamente de parceiros sexuais) parece ser determinante para o estabelecimento dos indivíduos. Além disso, não foram observadas fêmeas na área de vida de alguns machos, enquanto duas fêmeas partilharam a área de vida de um único macho na área SER na estação de 2016 e 2017, e na área ART em 2017. Tais observações reforçam a hipótese de um sistema de acasalamento poligínico de defesa de recursos (Johnson e Burley 1997, Alcock 2016). Neste sistema, os machos investem na defesa de habitats de alta qualidade (i.e. ricos em recursos), podendo mudar de área de uma estação reprodutiva para outra (Alcock 2016). Fêmeas, por sua vez, irão optar ou por parear com machos cujas áreas de vida tenham uma quantidade modesta de recursos ou se associar a machos cujas áreas de vida tenham uma qualidade consideravelmente maior, podendo eventualmente partilhar estas áreas de alta qualidade com outras fêmeas (Alcock 2016). Nesse sistema é comum que machos abdicuem de cuidado parental para defender seus recursos, enquanto as fêmeas procuram territórios de qualidade para reprodução (Møller 1985, Johnson e Burley 1997, Powell 2000, Alcock 2016).

Forrageio e dieta

Observações prévias sobre estratégias de forrageio empregadas por *H. kaempferi* se resumem a uma menção de "*upward hover-gleaning*" e uso regular de "pequenos saltos" para captura de presas (Barnett et al. 2000), o que poderia ser interpretado como o uso da técnica "*upward striking*". Esta estratégia de forrageio também é mencionada em um relato por Buzzetti et al. (2004). No presente estudo, no entanto, sete estratégias de forrageio foram observadas para *H. kaempferi*, cinco das quais não haviam sido previamente mencionadas para a espécie. Os métodos mais observados foram "*upward striking*", empregado em 76,4% das ocasiões, seguido por "*pearch-gleaning*" (12,8%) e "*upward hover-gleaning*" (5,9%). Assim, *H. kaempferi* pode ser considerado um especialista quanto ao uso de estratégias de forrageio, visto que a espécie utilizou de forma predominante (> 50%) uma determinada técnica (Fitzpatrick 1980).

No estudo mais detalhado sobre estratégias de forrageio empregadas por espécies do gênero *Hemitriccus*, Fitzpatrick (1980) aponta o uso de cinco estratégias por *H. zosterops*, sendo a mais frequente "*upward striking*" (63%), seguida de "*downward striking*" (20%), "*upward hover-gleaning*" (10%), e "*downward hover-gleaning*" e "*aerial hawk*" como as estratégias menos empregadas (ambas 3%). No referido estudo, ainda há uma menção sobre o uso de "*pearch-gleaning*" para o gênero, mas sem contabilização ou definição da espécie observada (Fitzpatrick 1980). Em outro estudo, Gabriel e Pizo (2005), utilizando a classificação de Remsen-Jr & Robinson (1990), observaram o uso de "*sally-strike*" (que inclui "*upward* e "*downward-striking*" de Fitzpatrick (1980)) em 100% ($N = 7$) das ocasiões para *H. orbitatus* e 88,9% ($N = 48$) das vezes para *H. margaritaceiventer*, além do uso eventual ($N = 2$) de "*sally-hover*" (que inclui "*upward* e "*downward hover-gleaning*" de Fitzpatrick (1980)), "*glean*" e "*lunge*" (incluídos em "*pearch gleaning*" em Fitzpatrick (1980)) pela última espécie.

Outros relatos pontuais para o gênero envolvem o uso de saltos e de vôos curtos para captura de presas abaixo das folhas por *H. cinnamomeipectus* (Fitzpatrick e O'Neill 1979, Ágreda et al. 2005), a utilização de "*upward striking*" e "*upward hover-gleaning*" por *H. spodiops* (Remsen-Jr et al. 1982) e também a utilização de "*upward striking*" por *H. josephinae* (Johnson et al. 2010) e *H. cohnhafti* (Zimmer et al. 2013). Para as demais espécies, existem citações genéricas sobre o uso "*upward striking*" para a captura de presas nas partes inferiores das folhas, como seria típico do gênero (ver del Hoyo et al. 2019). Assim, o presente estudo não só reforça o uso frequente de "*upward striking*" por *Hemitriccus*, mas também relata a importância de outras estratégias pouco documentadas, como é o caso de "*pearch-gleaning*". Apenas "*hang-upsidedown*" não foi previamente reportada por nenhum estudo, possivelmente devido a seu uso incomum, uma vez que foi empregada apenas uma vez por *H. kaempferi*.

Verificou-se ainda que apesar de "*upward striking*" ser a estratégia de forrageio mais empregada por indivíduos adultos de *H. kaempferi*, os filhotes da espécie a utilizam mais tardiamente em seu desenvolvimento. Nas primeiras tentativas de forrageio efetuadas pelos filhotes após deixarem o ninho, foi observada a utilização de técnicas como "*pearch gleaning*" e "*upward hover-gleaning*", enquanto "*upward striking*" foi observada com maior frequência entre 20 e 30 dias fora do ninho. Aparentemente, "*upward striking*" exige uma combinação de força e precisão para a captura de presas, o que justificaria seu uso tardio por filhotes ainda inexperientes e com menor poder de vôo.

Em relação à dieta, foram observadas 11 ordens de artrópodes nos itens alimentares consumidos por adultos e filhotes de *H. kaempferi*, com destaque para a ordem Lepidoptera, com a maior prevalência entre os itens identificados. Observações prévias de dieta da espécie resumiam-se apenas a duas observações de predação

justamente de larvas de Lepidoptera (Barnett et al. 2000, Buzzeti et al. 2004). Os indivíduos da espécie, em algumas oportunidades, se aproveitaram de itens presos a teias de aranha ou tentaram capturar itens que não eram de fato alimentos, mostrando certo oportunismo. No entanto, não foi observada a participação em bandos mistos de aves em nenhum momento durante o período estudado. Apenas Ghizoni-Jr e Azevedo (2006) mencionam a participação da espécie em bandos mistos, porém com uma frequência de ocorrência muito baixa, o que evidencia que este é um comportamento muito incomum para a espécie.

Para outras espécies do gênero *Hemitriccus*, foi encontrado consumo de invertebrados pertencentes a sete ordens de Arthropoda (Hymenoptera; Hemiptera; Coleoptera; Orthoptera; Araneae; Lepidoptera; e Odonata), uma ooteca e duas sementes, através de análise de conteúdos estomacais e/ou fezes de *H. nidipendulus* (Lima et al. 2010b); *H. diops* (Lima et al. 2010b, Manhães et al. 2010), *H. iohanis* e *H. flammulatus* (del Hoyo et al. 2019). Para as demais espécies só foram encontradas citações genéricas sobre o consumo de artrópodes ou insetos (e.g. Johnson et al. 2010, del Hoyo et al. 2019). Todas as ordens previamente citadas na dieta das espécies do gênero foram observadas também para *H. kaempferi*, enquanto as ordens Blattodea, Mantodea, Phasmatodea e Diptera, observadas no presente estudo, ainda não haviam sido reportadas para o gênero até então.

Nos conteúdos estomacais apresentados por Lima et al. (2010b) e del Hoyo et al. (2019) há prevalência de itens alimentares das ordens Hymenoptera (principalmente formigas) e Hemiptera, que foram pouco representativas no presente estudo. Além disso, apenas del Hoyo et al. (2019) apresenta alta proporção de consumo de Lepidoptera para *H. flammulatus* (16%). Esta diferença nas proporções de itens alimentares consumidos por diferentes espécies pode estar relacionada, primeiro, com as

preferências de forrageio de cada espécie (e.g. estratégias; estrato de forrageio) e disponibilidade de recursos nos diferentes habitats (Sherry 1984), ou ainda à utilização de diferentes metodologias para a verificação da dieta (conteúdo estomacal vs observação direta). Através de análises estomacais é possível, por exemplo, identificar itens alimentares de pequeno tamanho (e.g. Sherry 1984, Lima et al. 2010b). Este fato também está relacionado ao número de eventos de alimentação nos quais não foram possíveis a identificação dos itens alimentares consumidos (608 de adultos e 171 de filhotes). Portanto, algumas ordens (e.g. Hymenoptera) ainda podem estar sub-representadas na dieta de *H. kaempferi* devido a metodologia escolhida e dificuldade de identificação de itens alimentares de tamanho diminuto. Ainda assim, pode-se afirmar que a observação direta, além de ser uma técnica pouco invasiva, trouxe importantes resultados relacionado à dieta da espécie e do gênero como um todo, uma vez que obteve-se o maior número de ordens de artrópodes consumidos pelo gênero até então.

Dois dos grupos de artrópodes mais consumidos por *H. kaempferi*, Lepidoptera e Coleoptera, estão entre os grupos de insetos que tem enfrentado as maiores taxas de declínio populacional e extinções no mundo, causadas principalmente pela perda de habitat e uso de pesticidas (Sanchez-Bayo e Wyckhuys 2019). Assim, é importante que estudos futuros busquem avaliar as flutuações das populações destes artrópodes nas áreas de ocorrência de *H. kaempferi*, a fim de verificar possíveis impactos sobre a espécie em função de um eventual declínio nas populações destes artrópodes. Em especial, é preciso verificar se a utilização de pesticidas em plantações de arroz irrigado ou banana, que substituem ou são adjacentes às áreas de floresta ombrófila densa de terras baixas, tem causado algum impacto nas populações de invertebrados e quais seus efeitos sobre *H. kaempferi*.

Reprodução

As informações obtidas no presente estudo a respeito da biologia reprodutiva de *H. kaempferi* contrastam com a única descrição prévia de ninho da espécie, apresentada por Barnett et al. (2000). Os referidos autores descrevem o ninho em formato de taça alongada (aprox. 45 cm), posicionado a aproximadamente 6 metros de altura em relação ao solo (Barnett et al. 2000). Além disso, relatam que, aparentemente, o casal era quem estava construindo o ninho em intervalos de 2 a 5 minutos (Barnett et al. 2000). No entanto, observou-se que o ninho da espécie possui formato de bolsa fechada (aprox. 20 cm), construído apenas pela fêmea a menos de 50 cm do solo. Além disso, a descrição de ninho aqui apresentada é condizente com os ninhos descritos para outras espécies do gênero (Crozariol 2016, McCullough e Lodoño 2017, del Hoyo et al. 2019), diferente do relato feito por Barnett et al. (2000). É possível que esta descrição prévia do ninho esteja relacionada a outra espécie das famílias Tyrannidae ou Rhynchocyclidae. Assim, devido à grande disparidade entre as descrições dos ninhos, consideramos que a descrição aqui apresentada como a primeira descrição formal de ninho de *H. kaempferi*.

De acordo com a classificação sugerida por Simon e Pacheco (2005), o ninho de *H. kaempferi* poderia ser classificado como fechado/ovalado/pendente. Fechado devido ao formato de bolsa, ovalado em função de suas medidas (altura corresponde a duas vezes a largura) e pendente devido ao modo de fixação principal na parte superior (Simon e Pacheco 2005). No entanto, foi observado que além da fixação superior, os ninhos de *H. kaempferi* apresentaram uma fixação lateral, na qual a parede lateral do ninho englobou parte da planta suporte, o que poderia indicar um ninho do tipo fechado/ovalado/lateral. Por verificar que a fixação principal do ninho foi de fato na parte superior, inclusive no que se refere ao processo de construção do ninho (indivíduo utilizava eixo superior para fixar os filamentos vegetais), manteve-se a primeira

alternativa, ou então propõe-se uma nova classificação, de um ninho fechado/ovalado/pendente-lateral devido a sua "dupla fixação".

Descrições de ninhos de espécies do gênero *Hemitriccus* incluem os ninhos pendentes, fechados em formato de bolsa oval de *H. nidipendulus* (Euler 1900, Navegantes et al. 2011), *H. striaticollis* (Kirwan e Wittaker 2009), *H. rufigularis* (del Hoyo et al. 2019), *H. griseipectus* (Crozariol 2016), *H. orbitatus* (Buzzeti e Silva 2008), *H. iohanis* (Crozariol 2016), *H. granadensis* (McCullough e Lodoño 2017), *H. margaritaceiventer* (Allen 1905, Hartert e Venturi 1909, Lanyon 1988, Davis 1993, Leiva et al. 2004, de la Peña 2013, ver também Crozariol 2016) e *H. diops* (Ihering 1914). Para as duas últimas espécies ainda existem relatos de ninhos em formato globular, com a presença de fixação superior e também lateral (Kirwan e Wittaker 2009, Crozariol 2016), sendo estes os únicos relatos de ninhos com "fixação dupla" além de *H. kaempferi*. Por fim, o ninho de *H. obsoletus* é descrito como fechado, de formato globular e fixado apenas pelas laterais (Bencke et al. 2001), o que tem sido considerado atípico para o gênero (Crozariol 2016, McCullough e Lodoño 2017, del Hoyo et al. 2019). Para as demais espécies, existem apenas citações genéricas de ninhos pendentes em formato de bolsa (ver Sick 1997, Bencke et al. 2001, Kirwan e Wittaker 2009, del Hoyo et al. 2019).

A composição do ninho, sendo formado principalmente por musgo verde vivo, fibras vegetais secas e fungos rizomorfos na porção externa é comum ao gênero (Crozariol 2016). A adição de pedaços de casca de árvore de forma a "decorar" a porção externa do ninho também já foi reportada anteriormente (e.g. Kirwan e Whittaker 2009). Em algumas espécies, como *H. margaritaceiventer* e *H. nidipendulus*, ocorre grande deposição de paina ou material plumoso na câmara oológica (Euler 1900, Navegantes et al. 2011, de la Peña 2013), o que não ocorre em *H. kaempferi*, que deposita apenas uma

fina camada deste tipo de material. Destaca-se ainda que apenas pela segunda vez foi descrito o processo de construção do ninho para o gênero, que em *H. kaempferi* se inicia pela fixação de materiais que irão constituir a parede externa do ninho para posterior construção da câmara oológica. Além disso, o processo foi inteiramente conduzido pela fêmea. Apenas Davis (1993) apresenta um breve relato de construção de ninho para *H. margaritaceiventer*, e reporta que, apesar de dois indivíduos terem sido observados no local, aparentemente apenas um estava construindo o ninho. No entanto, não foi possível definir o sexo do mesmo, uma vez que o indivíduo não foi coletado ou sexado (Davis 1993). Assim, o presente relato é o primeiro para o gênero no que se refere ao processo de construção do ninho conduzido inteiramente pela fêmea.

Em relação ao tamanho da postura, existem descrições de posturas de um a três ovos para o gênero (Allen 1905, Bencke et al. 2001, Leiva et al. 2004, Kirwan e Wittaker 2009, Navegantes et al. 2011, de la Peña 2013, del Hoyo et al. 2019). A postura de um ou dois ovos parece ser a mais frequente, sendo que a presença de três ovos foi observada somente para *H. margaritaceiventer* (Allen 1905, de la Peña 2013). Em *H. kaempferi*, observou-se ninhadas com um e dois ovos/filhotes, o que segue o padrão do gênero. Ainda assim, como o primeiro ninho foi encontrado com um filhote já bem desenvolvido, não é possível afirmar se houve a postura de apenas um ovo neste ninho. O intervalo de postura observado para *H. kaempferi* foi de dois dias, o que foi previamente reportado apenas para *H. nidipendulus* (Navegantes et al. 2011). Bencke et al. (2001) e de la Peña (2013) também relatam posturas em dias alternados para *H. obsoletus* e *H. margaritaceiventer*, porém sem mencionar o intervalo exato entre as posturas.

Informações a respeito do período de incubação e permanência de filhotes no ninho são particularmente escassas ou incompletas para o gênero. Navegantes et al.

(2011) reportam período de incubação completo de 20 dias para *H. nidipendulus*, enquanto Bencke et al. (2001) e McCullough e Lodoño (2017) relatam períodos incompletos de 20 e 19 dias, o que se aproxima do tempo de incubação completo observado para *H. kaempferi* (21-22 dias). No entanto, de la Peña (2013) menciona um período de apenas 15 dias para *H. margaritaceiventer*. Em relação a permanência de filhotes no ninho, *H. kaempferi* possui até o momento o maior período de permanência observado (19 dias), enquanto é de 13-16 dias para *H. margaritaceiventer* (de la Peña 2013, del Hoyo et al. 2019). Para algumas outras espécies existem apenas informações incompletas, como por exemplo, o período de 11 dias no ninho antes dos filhotes serem predados (Navegantes et al. 2011). As poucas informações disponíveis na literatura sobre períodos de incubação e permanência de filhotes no ninho podem estar relacionadas, primeiro, à dificuldade de encontro de ninhos e, segundo, à alta taxa de predação de ninhos e mortalidade de filhotes que parece afetar as espécies do gênero (ver os relatos de Davis 1993, Bencke et al. 2001, Leiva et al. 2004, Navegantes et al. 2011, McCullough e Lodonõ 2017). A falha na reprodução ou o insucesso reprodutivo é uma característica comum entre as aves neotropicais (Skutch 1985).

Os ovos de *H. kaempferi* estão entre os maiores registrados para o gênero até o momento (18,69 x 13,97 mm; 2,0 g). McCullough e Lodonõ (2017) relatam ovos com dimensões de 17,8 x 12,3 mm e 1,51 g para *H. granadensis*. Para *H. margaritaceiventer* de la Peña (2013) relatam ovos que variam de 17,4 - 18,4 x 12,3 - 13 mm e 1,2 g, enquanto que Allen (1905) reporta ovos de 18 x 13 mm e Hartert e Venturi (1909) relatam dimensões de 19 x 13 mm. Em *H. nidipendulus* os ovos pesam em média 1,5 g e medem 17,9 x 13,1 mm (Navegantes et al. 2011). Em termos de coloração, os ovos de *H. kaempferi* parecem seguir o padrão do gênero, cujos relatos variam de ovos de coloração creme e sem manchas (McCullough e Lodoño 2017) a

ovos com coloração creme ou branca com pequenas manchas, geralmente concentradas no polo de maior diâmetro (Bencke et al. 2001, Kirwan e Wittaker 2009, Navegantes et al. 2011, de la Peña 2013, McCullough e Lodoño 2017).

O desenvolvimento dos filhotes e características de indivíduos juvenis são outras informações ainda pouco reportadas para o gênero. De modo muito semelhante a *H. kaempferi*, de la Peña (2013) descreve filhotes recém-nascidos de *H. margaritaceiventer* com pele rosada, olhos fechados e cobertura de plumas acizentada. Para *H. granadensis* foi observado um ninhego recém-nascido com cobertura de plumas acinzentada na cabeça e dorso, porém pele de tom alaranjado e olhos ligeiramente abertos (McCullough e Lodoño 2017). Os últimos autores ainda relatam que o filhote de *H. granadensis* deixa o ninho com formação de retrizes incompletas, assim como observado no presente estudo. Em relação ao desenvolvimento da cauda, Kirwan (2009) descreve um indivíduo jovem de *H. furcatus* sem a bifurcação na cauda típica de indivíduos adultos desta espécie, além de tons mais atenuados na plumagem do jovem. Em *H. kaempferi*, além de tons mais tênues e ausência de curvatura nas retrizes externas que formam a bifurcação na cauda, observou-se a inexistência de manchas negras nas retrizes dos filhotes e jovens. Estas características foram então substituídas posteriormente na plumagem de um dos indivíduos monitorados. Assim, a presença de uma cauda reta e sem manchas pode ser considerada um atributo dos jovens em *H. kaempferi*. Ainda assim, estudos mais completos sobre o desenvolvimento e muda de plumagem são necessários para compreender em quais anos de desenvolvimento ocorre a mudança no padrão da cauda.

A respeito do cuidado parental, obtivemos informações inéditas para o gênero, principalmente em relação a participação dos sexos. Pela primeira vez foi observado que apenas a fêmea efetua as tarefas relacionadas ao cuidado parental, as quais incluem

incubação, alimentação, recolhimento de sacos fecais e defesa anti-predador (tanto no ninho como fora dele). Demais estudos que reportam construção do ninho ou cuidado parental executados pelo casal (e.g. Navegantes et al. 2011, Kirwan e Wittaker 2009, de la Peña 2013), não marcaram ou sexaram os indivíduos, mesmo as espécies estudadas não apresentando qualquer dimorfismo sexual. Estes estudos baseiam-se nos intervalos entre os eventos para justificar a atuação do casal, de modo que intervalos curtos (15-30s) representariam a atuação de diferentes indivíduos. No entanto, para *H. kaempferi* foram observados eventos de alimentação no ninho executados pelo mesmo indivíduo (fêmea), com intervalos mínimos de até 13 segundos. Isto reflete a necessidade de marcação e sexagem de indivíduos em estudos reprodutivos de espécies sem dimorfismo sexual. Como mencionado anteriormente, a ausência do cuidado parental por parte dos machos também reforça a presença de um sistema de acasalamento poligínico (Johson e Burley 1997, Powell 2000, Alcock 2016).

Por fim, foi descrita pela primeira vez a corte e cópula em *Hemitriccus kaempferi*. O comportamento de corte difere das únicas descrições existentes para o gênero, ambas para a espécie *H. granadensis* (Botero-Delgadillo e Krabbe 2011, McCullough e Lodoño 2017). Nesta espécie, os indivíduos machos realizavam pequenos saltos e pairam em frente a fêmea com um rápido bater de asas, ao mesmo tempo que emitem um som produzido pelas asas (Botero-Delgadillo e Krabbe 2011, McCullough e Lodoño 2017). Em *H. kaempferi*, apesar do macho não ter sido observado pairando em frente a fêmea, é possível que o som trinado emitido durante a cópula também seja produzido pelas asas. No entanto, esta informação precisa ser confirmada. Além disso, a cópula foi observada entre um macho já estabelecido e uma fêmea recém chegada em sua área de vida/território, o que é mais uma evidência de sistema de acasalamento poligínico (Møller 1985).

Outros aspectos ecológicos durante a estação reprodutiva

Defesa, disputas e invasões territoriais

A defesa de território é uma característica comum nas aves tropicais (Stutchbury e Morton 2001), sendo especialmente acentuada entre os integrantes das famílias Rhynchocyclidae e Tyrannidae (del Hoyo et al. 2019). Em *H. kaempferi*, três mecanismos foram empregados na defesa de território pelos machos, sendo eles: o uso de vocalizações, fricção de asas e perseguições. Os dois primeiros mecanismos foram utilizados pelos machos de modo constante durante a estação reprodutiva, e o último apenas em encontros com machos de territórios vizinhos. Como nenhum contato físico foi presenciado entre os indivíduos, acredita-se que estes mecanismos e comportamentos, além de utilizados para marcar território e atrair parceiros (Stutchbury e Morton 2001), sirvam para evitar confrontos diretos entre os indivíduos vizinhos.

Visitas ou invasões a territórios vizinhos são comuns entre espécies territoriais, principalmente na busca por eventuais cópulas, de modo que a taxa de invasão está diretamente relacionada ao número de cópulas extra-par (Stutchbury e Morton 2001). Em *H. kaempferi*, no entanto, invasões foram ocasionais e não foi presenciada nenhuma cópula durante as mesmas. A única cópula presenciada foi em função do deslocamento da fêmea, e não do macho. Curiosamente, invasões tendem a ser menos comuns em aves tropicais do que em regiões temperadas (Greenberg e Gradwohl 1997).

Comportamento anti-predador e interações com outras aves

Várias espécies de tiranídeos (os quais incluíam a família Rhynchocyclidae) possuem comportamentos anti-predador, podendo inclusive atacar ativamente grandes predadores como corvos, falcões, gaviões, corujas e serpentes (del Hoyo et al. 2019).

Um dos comportamentos anti-predatórios observado em *H. kaempferi* foi a emissão de chamados de alerta em relação a presença de dois potenciais predadores, *Micrastur semitorquatus* e *Bothrops jararaca*. As reações à presença de um determinado predador podem variar em intensidade de acordo com a "periculosidade" ou capacidade de predação de uma determinada espécie (Dotour et al. 2016). Serpentes são reconhecidas como importantes predadores de aves e ninhos (Skutch 1985, Wheatherhead e Blouin-Demers 2004), e os chamados de alerta contra cobras (principalmente de coloração aposemática) parecem ser inerentes aos tiranídeos (del Hoyo et al. 2019). *M. semitorquatus*, por sua vez, também possui uma dieta rica em aves (Rocha et al. 2017), o que justifica a emissão de sinais de alerta para as duas espécies em questão.

Outro comportamento anti-predador, aparentemente utilizado por *H. kaempferi*, é a agregação multi-específica. Neste caso, indivíduos de diferentes espécies podem cooperar para afastar um determinado predador em comum e reduzir mutuamente o risco de predação (Suzuki 2016). Agregações desta natureza são comuns entre os tiranídeos (del Hoyo et al. 2019), porém, existem poucas observações para o gênero *Hemitriccus*. Zimmer et al. (2013) observaram este comportamento em *H. conhafti*, enquanto Cunha e Vasconcelos (2009) relatam atração de *H. margaritaceiventer* e *H. nidipendulus* em função da vocalização de *Glaucidium brasilianun*, um típico predador de aves. Os autores interpretam esta atração como um indício deste comportamento anti-predatório (Cunha e Vasconcelos 2009). No presente estudo, além de *H. kaempferi*, a agregação presenciada envolveu *H. orbitatus* e outras nove espécies de sete famílias diferentes de aves.

Outras duas interações agonísticas foram observadas entre *H. kaempferi* e duas espécies de aves pertencentes à família Tyrannidae, *L. euleri* e *C. fuscatus*. Ambas as espécies, assim como *H. kaempferi*, possuem dieta insetívora e forrageiam

principalmente em estratos inferiores da mata (Sick 1997, del Hoyo et al. 2019). Além disso, o tamanho corpóreo e peso destas espécies é similar ao observado para *H. kaempferi* (del Hoyo et al 2019). Estas características podem indicar que as três espécies tenham certa sobreposição de nicho (e.g. partilham mesmos recursos alimentares) e irão competir entre si por recursos (Cody 1974), o que poderia resultar em interações agonísticas como as observadas.

Manutenção de plumagem e banho

O cuidado com a plumagem (*preening*) é essencial para as aves, uma vez que a organização, higienização e lubrificação das penas evitam o desgaste ou quebra prematura das mesmas, auxiliando assim na sua durabilidade (Bostwick 2016). Em *H. kampferi* este comportamento foi muito frequente, principalmente entre indivíduos machos. Durante a primavera, os machos da espécie friccionam (rufam) as asas constantemente como forma de marcação ou defesa territorial, o que poderia gerar um desgaste acentuado das penas, e assim a necessidade constante de cuidados, como foi observado na espécie.

O banho é outra maneira importante de manutenção da plumagem, e as espécies podem tomar banho de água, sol, poeira ou até neve, em diferentes substratos (e.g. lagos, poças, solo, bromélias, folhas úmidas) (Sick 1997, Bostwick 2016). Em *H. kaempferi*, todos os banhos presenciados (cinco indivíduos diferentes) foram em folhas úmidas pelo orvalho, sendo este o primeiro relato de banho para o gênero. Esta forma de banhar-se já foi relatada para diversas outras espécies (Slessers 1970, Sick 1997, Bostwick 2016), como por exemplo, beija-flores (Stuch 1931) e cotingídeos (Willis e Oniki 1998). A maneira de tomar banho tende a ser consistente dentro de uma determinada família (Bostwick 2016), sendo que o banho em folhagem molhada parece

ser comum entre os Tyrannidae (incluindo Rynchocyclidae; Sick 1997). No entanto, outras formas podem ser detectadas na família, como o banho de chuva (Sick 1997) e banhos em água acumulada em bromélias (Gussoni 2014).

Morfometria e muda de plumagem

Informações morfométricas de *H. kaempferi* não haviam sido publicadas anteriormente na literatura, sendo que todas as medidas morfométricas da espécie publicadas por Rodrigues et al. (2019) provém do presente estudo. No entanto, no ato da referida publicação a sexagem dos indivíduos ainda não havia sido realizada e diferenças entre sexos não foram verificadas. Houve diferença significativa entre os sexos em relação aos parâmetros comprimento do tarso (machos em média 2,46mm maiores) e comprimento de cauda (machos em média 4,25mm maiores). Além disso, outras medidas (massa corpórea, comprimento da asa e total), apesar de não significativas, foram maiores nos machos que nas fêmeas, o que demonstra que os machos são, de modo geral, ligeiramente maiores que as fêmeas. Através das informações morfométricas disponibilizadas por Rodrigues et al. (2019) sobre as espécies do gênero *Hemitriccus* (cujos indivíduos tiveram o sexo determinado), foi possível verificar a existência de algumas destas diferenças para outras espécies do gênero. As espécies com maiores diferenças de massa corpórea entre os sexos, com machos mais pesados que as fêmeas, foram *H. diops* (em média 1,93 g mais pesados), *H. mirandae* (1,15 g) e *H. nidipendulus* (0,4 g), enquanto que outras espécies como *H. margaritaceiventer* (0,1 g) e *H. striaticollis* (0,2 g) apresentaram menor diferença. As exceções ficam por conta de *H. obsoletus*, cujas massas corpóreas médias de ambos os sexos foram iguais, e *H. griseipectus*, cujas fêmeas foram em média 1,0 g mais pesadas que os machos. Em relação às demais medidas, os machos tiveram medidas maiores em

relação ao comprimento total (diferenças variando de 1 a 6 mm), tamanho de asa (de 1 a 4 mm) e cauda (de 1 a 5 mm) em todas as espécies supracitadas, com exceção de *H. obsoletus*, cujas fêmeas apresentaram em média maior comprimento total (3 mm). Assim, parece existir uma tendência no gênero de que os machos sejam um pouco maiores que as fêmeas. Todavia, em vista da escassez de informações relativas ao sexo para o gênero, mesmo em grandes bancos de dados como o recém publicado por Rodriguez et al. (2019), certa cautela é necessária para afirmar esta hipótese, e mais medidas morfométricas associadas ao sexo precisam ser obtidas para todas as espécies.

Mudas em aves neotropicais são ainda muito pouco estudadas, especialmente em espécies raras ou pouco abundantes como é o caso do gênero *Hemitriccus* (Johnson e Wolfe 2017). Para espécies deste gênero, assim como para algumas outras espécies filogeneticamente relacionadas (e.g. *Lophotriccus galeatus*), a estratégia de muda de plumagem parece ser a estratégia básica-complexa (Gomez et al. 2012, Johnson e Wolfe 2017). Isto é, no primeiro ano de vida de um determinado indivíduo ocorre a muda pré-básica (na qual adquire a primeira plumagem) e uma segunda muda, chamada de pré-formativa. Nos anos de vida subsequentes deste indivíduo, ocorrerá apenas uma muda pré-básica (Johnson e Wolfe 2017). Em geral, para *Hemitriccus*, a muda pré-básica é completa (i.e., todas as penas do corpo e de vôo são trocadas) (Johnson e Wolfe 2017), enquanto que a muda pré-formativa parece ser parcial (i.e. inclui a maioria ou todas as penas do corpo, algumas coberteiras das asas, e pode ou não incluir terciárias e retrizes) (Gomez et al. 2012) ou completa (Johnson e Wolfe 2017).

Não há, nesta seção, o propósito de elucidar as estratégias de muda de *H. kaempferi*, pois este não foi um dos objetivos principais do presente estudo. Assim, serão apenas discutidas algumas poucas observações realizadas em campo, mas que requerem extensivos estudos para serem devidamente elucidadas. As informações

provenientes de captura e observação em campo indicam que a espécie possui uma muda pré-básica que se inicia nos meses de novembro e dezembro com a substituição de penas de contorno, coberterias da asa e das primeiras rêmiges. A muda se intensifica no final da estação reprodutiva (janeiro) com a substituição das retrizes (que se inicia pelos pares de retrizes mais internos). Assim, pode-se dizer que a espécie possui uma muda pré-básica sazonal pós-reprodutiva, cujo início se sobrepõe ao período reprodutivo (Johnson e Wolfe 2017). Esta sobreposição não é rara em aves neotropicais (Foster 1975, Johnson e Wolfe 2017).

Caso *H. kaempferi* siga o padrão esperado para o gênero, os indivíduos devem apresentar também uma muda pré-formativa no primeiro ano de vida. Especula-se que esta muda seja do tipo limitada ou parcial, nas quais não ocorre a substituição das retrizes (ver definições em Johnson e Wolfe 2017). Tal hipótese se deve ao fato do indivíduo MK_MAR ter sido capturado em setembro de 2016 com retrizes sem manchas (iguais as dos filhotes), e posteriormente recapturado em 2017 com manchas nas retrizes (após ter passado por uma muda pré-básica). Se supusermos que este indivíduo nasceu na estação reprodutiva de 2015, e não houve substituição de retrizes sem manchas por retrizes com manchas até o início da estação reprodutiva de 2016, a muda pré-formativa deve ser limitada ou parcial. No entanto, é possível que as retrizes sem manchas de um filhote sejam substituídas por outras também sem manchas na muda pré-formativa. Assim, como mencionado anteriormente, extensivos estudos são necessários para elucidar os padrões de muda da espécie, e especial atenção deve ser dada à substituição da cauda. Além de determinar quando ocorre a substituição de retrizes sem manchas por retrizes com manchas, é importante determinar se o número de retrizes marcadas aumenta conforme os anos de vida de um determinado indivíduo.

Considerações finais

No presente estudo obtivemos informações básicas, porém essenciais, sobre a história natural de uma espécie de ave endêmica da Mata Atlântica e ameaçada de extinção. Grande parte das informações aqui apresentadas eram até então desconhecidas para a espécie e muitas delas inéditas inclusive para o gênero *Hemitriccus*. Espera-se que o presente estudo possa servir de base para estudos futuros mais aprofundados sobre diversos aspectos relacionados à ecologia e conservação desta espécie, assim como para outras espécies filogeneticamente relacionadas.

Apesar das valiosas informações aqui apresentadas, não havia a pretensão de elucidar todos os minuciosos aspectos ecológicos da espécie, e muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas em estudos futuros. Algumas dessas lacunas incluem: i) o melhor monitoramento de fêmeas que são extremamente crípticas e de difícil percepção em campo; ii) maior esforço para a localização de ninhos e avaliação do sucesso reprodutivo da espécie; iii) efeitos de pesticidas sobre espécies de artrópodes e suas consequências para a espécie; iv) compreensão da estratégia de muda realizada pela espécie, entre outros. Destacamos que o gênero é, de certa forma, difícil de ser estudado, o que é corroborado pela escassez de estudos mais aprofundados sobre a história natural de todas as espécies pertencentes ao gênero. Além dos indivíduos serem difíceis de monitorar em campo, as populações das espécies parecem não possuir densidades locais elevadas e seus comportamentos são extremamente variáveis ao longo do ano. Todos estes fatores requerem que pesquisadores despendam muito tempo em campo para obter um número razoável de informações. Assim, enfatizamos que estudos de longo prazo são essenciais para a compreensão dos mais diversos aspectos da história natural destas aves em particular. Chamamos a atenção também para a necessidade de

anilhamento e sexagem dos indivíduos naquelas espécies que não apresentam dimorfismo sexual para evitar a produção de informações equivocadas, e que podem eventualmente prejudicar pesquisas futuras.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por prover bolsa de estudos a GW e FBF e apoio para a execução da pesquisa (código de Financiamento 001). Também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico (CNPq nº 407703 2016-7) pelo apoio financeiro para a realização do estudo. Ao CEMAVE e IBAMA pela concessão de licenças de captura e marcação das aves e disponibilização de anilhas metálicas. Gostaríamos de agradecer também à Polícia Militar do município de Joinville, assim como aos Srs. Hilário e Ditmar, por autorizarem os estudos em suas propriedades. Também ao ornitólogo Alexandre Venson Grose por auxiliar na escolha das áreas de estudo e intermediar o contato com a Polícia Militar de Joinville. Também a Rafael Campos de Barros por auxiliar na identificação de alguns Artrópodes observados na dieta da espécie.

Referências

- ÁGREDA, A., J. NILSSON, L. TONATO, AND H. ROMÁN. 2005. A new population of Cinnamon-breasted Tody-tyrant *Hemitriccus cinnamomeipectus* in Ecuador. *Cotinga* 24: 16-18.
- ALCOCK, J. 2016. Avian mating and social behaviour. In: *Handbook of bird biology*, third edition (I. J. Lovette, and J. W. Fitzpatrick, eds.), pp. 313-354. John Wiley & Sons, West Sussex, ENG.

- ALLEN, J. A. 1905. Supplementary notes on birds collected in the Santa Maria district, Colombia, by Herbert H. Smith, with descriptions of nests and eggs. *Bulletin American Museum of Natural History* 21: 275-295.
- ALTMANN, J. 1974. Observational study of behaviour: sampling methods. *Behaviour* 49: 227-267.
- AMUNDSEN, T. 2000. Why are female birds ornamented? *Trends in Ecology and Evolution* 15: 149-155.
- BARNETT, J. M., G. M. KIRWAN, M. PEARMAN, L. N. NAKA, AND J. A. TOBIAS. 2000. Rediscovery and subsequent observations of Kaempfer's Tody-tyrant *Hemitriccus kaempferi* in Santa Catarina, Brazil, with notes on conservation, life history and plumage. *Bird Conservation International* 10: 371-379.
- BENCKE, G. A., C. S. FONTANA, J. K. F. MÄHLER-JR, AND C. M. JOENCK. 2001. First description of the nest of the Brown-breasted Pygmy-tyrant (*Hemitriccus obsoletus*) and additional information on the nesting of the Striolated Tit-spinetail (*Leptasthenura striolata*). *Ornitologia Neotropical* 12: 1-9.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL. [online] 2019. IUCN Red List for birds. <<http://www.birdlife.org>> (22 June 2019).
- BIRDSLEY, J. S. 2002. Phylogeny of the tyrant flycatcher (Tyrannidae) based on morphology and behaviour. *The Auk* 119: 715-734.
- BOSTWICK, K. 2016. Feathers and plumages. In: *Handbook of bird biology*, third edition (I. J. Lovette, and J. W. Fitzpatrick, eds.), pp. 101-148. John Wiley & Sons, West Sussex, ENG.
- BOTERO-DELGADILLO, E., AND N. KRABBE. 2011. First notes on the courtship behaviour of Black-throated Tody-tyrant *Hemitriccus granadensis*. *Cotinga* 33: 90-91.
- BRAGA, E. M., N. O. BELO, AND R. T. PINHEIRO. 2010. Técnicas para estudos de

hemoparasitos em aves. In: Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento (S.V. Matter, F.C. Straube, I. Accordi, V. Q. Piacentini, J. F. Candido-Jr, eds.), pp. 397-411. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, BR.

BURT, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24: 346-352.

BURY, R. B. 2006. Natural history, field ecology, conservation biology and wildlife management: time to connect the dots. *Herpetological Conservation and Biology* 1: 56-61.

BUZZETI, D. R. C., J. M. BARNETT, AND G. M. KIRWAN. 2004. Kaempfer's Tody-tyrant *Hemitriccus kaempferi*. *Cotinga* 20: 95-97.

BUZZETI, D., AND S. SILVA. 2008. Berços da vida: ninhos de aves brasileiras. Editora Terceiro Nome, São Paulo, BR.

CALENGE, C. 2006. The package "adehabitat" for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling* 197: 516-519.

CODY, M. 1974. Competition and the structure of bird communities. Princeton University Press, Princeton, USA.

COHN-HAFT, M. 2000. A case study Amazonian biogeography: vocal and DNA-sequence variation in *Hemitriccus* flycatchers. Ph.D. thesis, Louisiana State University, Baton Rouge, USA.

CONSEMA - CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. 2011. Resolução nº 02/2011 – Reconhece a Lista Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado de Santa Catarina e dá outras Providências. CONSEMA/SDS, Florianópolis, BR.

CROZARIOL, M. A. 2016. Evolução da forma de nidificação da Superfamília Tyrannoidea (Aves: Passeriformes) com base na fixação, arquitetura e composição dos ninhos. Ph.D. thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, BR.

- CUNHA, F. C. R., AND M. F. VASCONCELOS. 2009. Aves que são atraídas pelo vocalização do caburé *Glaucidium brasilianum* (Strigidae). *Revista Brasileira de Ornitologia* 17: 144-149.
- DAVIES, S. E. 1993. Seasonal status, relative abundance, and behaviour of the birds of Concepción, Departamento de Santa Cruz, Bolívia. *Fieldiana Zoology* 71: 1-33.
- DE LA PEÑA, M. R. 2013. Nidos y reproducción de las aves argentinas. Ediciones Biológica. Serie Naturaleza, Conservación y Sociedad nº 8, Santa Fe, ARG.
- DEL HOYO, J., A. ELLIOTT, J. SARGATAL, D.A. CHRISTIE, AND E. DE JUANA. [online] 2019. Handbook of the Birds of the World Alive. <<https://www.hbw.com>> (Accessed 6 November 2019).
- DOTOUR, M., J. P. LENA, AND T. LENGAGNE. 2016. Mobbing behaviour varies according to predator dangerousness and occurrence. *Animal Behaviour* 119: 119-124.
- EULER, C. 1900. Descrição de ninhos e ovos das aves do Brazil. *Revista do Museu Paulista* 4: 9-148.
- FEDY, B. C., AND B. J. M. STUTCHBURY. 2005. Territory defence in tropical birds: are females as aggressive as males? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 58: 414-422.
- FITZPATRICK, J. W., AND J. P. O'NEILL. 1979. A new tody-tyrant from northern Peru. *The Auk* 96: 443-447.
- FITZPATRICK, J. W. 1980. Foraging behaviour of neotropical tyrant flycatchers. *The Condor* 82: 43-57.
- FOSTER, M. S. 1975. The overlap of molting and breeding in some tropical birds. *The Condor* 77: 304-314.
- GABRIEL, V. A., AND M. A. PIZO. 2005. Foraging behavior of tyrannid flycatchers (Aves, Tyrannidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 22: 1072-1077.
- GHIZONI-JR, I. R., AND M. A. G. AZEVEDO. 2006. Composição de bandos mistos de aves

florestais de sub-bosque em áreas de encosta e planície da Floresta Atlântica de Santa Catarina, sul do Brasil. *Biotemas* 19: 47-53.

GOMEZ, C., E. BOTERO-DELGADILLO, N. J. BAYLY, M. I. MORENO, AND C. A. PÁEZ. 2012. Documentando estrategias de muda en aves neotropicales: ejemplos de la sierra nevada de Santa Marta, Colombia. *Ornitologia Neotropical* 23: 129-138.

GREENBERG, R., AND J. GRADWOHL. 1986. Constant density and stable territoriality in some tropical insectivorous birds. *Oecologia* 69: 618-625.

GREENE, H. W. 2005. Organisms in nature as a central focus for biology. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 23-27.

GUSSONI, C. O. A. 2014. Área de vida e biologia reprodutiva da maria-da-restinga (*Phylloscartes kronei*) (Aves, Tyrannidae). Ph.D. thesis, Unoversidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Rio Claro, BR.

HAINES, A. M., F. HERNANDEZ, S. E. HENKE, AND R. L. BINGHAM. 2009. A method for determining asymptotes of home range area curves. *National Quail Symposium Proceedings* 6: 489-498.

HARRIS, S., W. J. CRESSWELL, P. G. FORDE, W. J. TREWHELLA, T. WOOLARD, AND S. WRAY. 1990. Home-range analysis using radio-tracking data - a review of problems and techniques particularly as applied to the study of mammals. *Mammal Review* 20: 97-123.

HARTERT, E., AND S. VENTURI. 1909. Notes sur les oiseaux de la République Argentine. *Novitates Zoologicae* 16: 159-267.

HASUI, E., J. P. METZGER, R. G. PIMENTEL, L. F. SILVEIRA, A. A. D. A. BOVO, A. C. MARTENSEN, A. UEZU, A. L. REGOLIN, A. A. B. D. OLIVEIRA, C. A. F. R. GATTO, C. DUCA, C. B. ANDRETTI, C. BANKS-LEITE, D. LUZ, D. MARIZ, E. R. ALEXANDRINO, F. M. D. BARROS, F. MARTELLO, I. M. D. S. PEREIRA, J. N. D. SILVA, K. M. P. M. D. B.

FERRAZ, L. N. NAKA, L. D. ANJOS, M. A. EFE, M. A. PIZO, M. PICHORIM, M. S. S. GONÇALVES, P. H. C. CORDEIRO, R. A. DIAS, R. D. L. MUYLAERT, R. C. RODRIGUES, T. V. V. D. COSTA, V. CAVARZERE, V. R. TONETTI, W. P. SILVA, C. N. JENKINS, M. GALETTI, AND M.C. RIBEIRO. 2018. Atlantic birds: a data set of bird species from the Brazilian Atlantic forest. *Ecology* 99: 497.

ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. 2018. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. ICMBio/MMA, Brasília, BR.

IHERING, H. V. 1914. The biology of Tyrannidae with respect to their systematic arrangement. *The Auk* 21: 313-322.

JAHN, A. E., J. P. LEDEZMA, A. M. MAMANI, L. W. DEGROOTE, AND D. J. LEVEY. 2010. Seasonal home range size of tropical kingbird (*Tyrannus melancholicus*) in the southern amazon basin. *Ornitologia Neotropical* 21: 39-46.

JOHNSON, K., AND N. T. BURLEY. 1997. Mating tactics and mating systems of birds. *Ornithological Monographs* 49: 21-60.

JOHNSON, E. I., C. F. VARGAS, T. V. V. COSTA, AND C. B. ANDRETTI. 2010. A range extension and ecology of Boat-billed Tody-tyrant *Hemitriccus josephinae* in central Amazonian Brazil. *Bulletin of the British Ornithologists' Club* 130: 266-272.

JOHNSON, E. I., P. C. STOFFER, AND C. F. VARGAS. 2011. Diversity, biomass, and trophic structure of a central Amazonian rainforest bird community. *Revista Brasileira de Ornitologia* 19: 1-16.

JOHNSON, E. I., AND J. D. WOLFE. 2017. Molt in Neotropical birds, life history and aging criteria. CRC Press, Boca Raton, USA.

KIRWAN, G. M. 2009. Notes on the breeding ecology and seasonality of some Brazilian birds. *Revista Brasileira de Ornitologia* 17: 121-136.

KIRWAN, G. M., AND A. WHITTAKER. 2009. The nest of the Stripe-necked Tody-tyrant

(*Hemitriccus striaticollis*), with the first detailed nesting data for the Drab-breasted Pygmy-tyrant (*H. diops*). *Ornitologia Neotropical* 20: 299-303.

KOHLER, G. 2017. Filogenia da subfamília Todiostroinae (Aves, Rhynchocyclidae) e biogeografia dos complexos *Lophotriccus* e *Oncostoma*. Ph.D. thesis, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, BR.

LANYON, W. E. 1988. A phylogeny of the Flatbill and Tody-tyrant assemblage of Tyrant Flycatchers. *American Museum Novitates* 2923: 1-41.

LAVER, P. N., AND M. J. KELLY. 2008. A critical review of home range studies. *Journal of Wildlife Management* 72: 290-298.

LEIVA, L. A., S. M. VERÓN, M. D. ACOSTA, AND A. A. PAUTASSO. 2004. Nidos de aves pertencentes a la colección del Museo Provincial de Ciencias Naturales "Florencio Ameghino", Santa Fé - Argentina: catálogo comentado. *Serie Catálogo* 18: 1-68.

LEVIN, R. N. 1996. Song behaviour and reproductive strategies in a duetting wren, *Thryothorus nigricapillus*: II. Playback experiments. *Animal Behaviour* 52: 1107-1117.

LIMA, F. P., J. N. MUNIZ, AND P. M. JÚNIOR. 2010a. Evaluating Brazilian conservation projects: the weak link between practice and theory. *Natureza & Conservação* 8: 41-45.

LIMA, C. A., P. R. SIQUEIRA, R. M. M. GONÇALVES, M. F. VASCONCELOS, AND L. O. LEITE. 2010b. Dieta de aves da Mata Atlântica: uma abordagem baseada em conteúdos estomacais. *Ornitologia Neotropical* 21: 425-438.

MANHÃES, M. A., A. LOURES-RIBEIRO, AND M. M. DIAS. 2010. Diet of understory birds in two Atlantic forest areas of southern Brazil. *Journal of Natural History* 44: 469-489.

MARINI, M.Â., C. DUCA, AND L. T. MANICA. 2010. Técnicas de pesquisa em biologia reprodutiva de aves. In: *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento* (S.V. Matter, F.C. Straube, I. Accordi, V. Q. Piacentini, J. F. Candido-Jr, eds.), pp. 297-312. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, BR.

- MCCULLOUGH, J. M., AND G. A. LODOÑO. 2017. Nesting biology of the Black-throated Tody-tyrant (*Hemitriccus granadensis*) with notes on mating displays. *The Wilson Journal of Ornithology* 129: 820-826.
- MCLOUGHLIN, P. D., AND S. H. FERGUSON. 2000. A hierarchical pattern of limiting factors helps explain variation in home range size. *Écoscience* 7: 123-130.
- MØLLER, A. P. 1985. Mating systems among European passerines: a review. *Ibis* 128: 234-250.
- NAVEGANTES, A. Q., S. FUSARO, M. B. VECCHI, AND S. F. BRUNO. 2011. Biologia reprodutiva de *Hemitriccus nidipendulus* (Aves: Rhynchocyclidae) no núcleo experimental de Iguaba Grande - UFF, RJ. In: XVIII Congresso Brasileiro de Ornitologia (CBRO eds.). CBRO: Cuiabá, BR.
- ODUM, E. P., AND E. J. KUENZLER. 1955. Measurement of territory and home range size in birds. *The Auk* 72: 128-137.
- PARANÁ. 2018. Decreto nº 11797/2018 - Reconhece e atualiza Lista de Espécies de Aves pertencentes à Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do Paraná e dá outras providências, atendendo o Decreto nº 3.148, de 2004. DOEPR, Curitiba, BR.
- POWELL, R. A. 2000. Animal home range and territories and home range estimators. In: *Research techniques in animal ecology - controversies and consequences* (L. Noitani and T. K. Fullen, eds.), pp. 65-110. Columbia University Press, New York, USA.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. [online] 2018. R: a language and environment for statistical computing. Vienna, AT: R Foundation for Statistical Computing. <<http://www.r-project.org/>> (20 November 2018).
- RIBON, R., AND M. Â. MARINI. 2016. Small territory sizes and high densities of insectivorous birds in an Atlantic Forest secondary fragment, Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 24: 303-313.

REMSEN-JR, J. V., T. A. PARKER III, AND R. S. RIDGELY. 1982. Natural history notes on some poorly known Bolivian birds. *Le Gerfaut* 72: 77-87.

REMSEN-JR, J. V., AND S. K. ROBINSON. 1990. A classification scheme for foraging behaviour of birds in terrestrial habitats. *Studies in Avian Biology* 13: 144-160.

ROBINSON, W. D., J. D. BRAWN, AND S. K. ROBINSON. 2000. Forest bird community structure in central Panama: influence of spatial scale and biogeography. *Ecological Monographs* 70: 209-235.

ROCHA, A., S. H. BORGES, J. M. R. OVALLE, AND A. A. BARNETT. 2017. Collared Forest-Falcon (*Micrastur semitorquatus*) preying on a squirrel in a fragment of Atlantic Forest with a revision of the predation events for the species. *Revista Brasileira de Ornitologia* 25: 248-253.

RODRIGUES, R. C., E. HASUI, J. C. ASSIS, J. C. C. PENA, R. L. MUYLEAERT, V. R. TONETTI, F. MARTELLO, A. L. REGOLIN, T. V. V. D. COSTA, M. PICHORIM, E. CARRANO, L. E. LOPES, M. F. D. VASCONCELOS, C. S. FONTANA, A. L. ROOS, F. GONÇALVES, C. BANKS-LEITE, V. CAVARZERE, M. A. EFE, M. A. S. ALVES, A. UEZU, J. P. METZGER, P. D. T. Z. D. ANTAS, K. M. P. M. D. B. FERRAZ, L. C. CALSAVARA, A. A. BISPO, H. F. P. ARAUJO, C. DUCA, A. J. PIRATELLI, L. N. NAKA, R. A. DIAS, C. A. F. R. GATTO, M. A. V. VALLEJOS, G. D. R. MENEZES, L. BUGONI, H. RAJÃO, J. J. ZOCHE, G. WILLRICH, E. S. D. SILVA, L. TONELLIMANICA, A. D. C. GUARALDO, G. ALTHMANN, P. P. SERAFINI, M. R. FRANCISCO, C. LUGARINI, C. G. MACHADO, F. MARQUES-SANTOS, R. BOBATO, E. A. D. SOUZA, R. J. DONATELLI, C. D. FERREIRA, J. C. MORANTE-FILHO, N. D. PAES-MACARRÃO, A. MACARRÃO, M. R. LIMA, L. I. JACOBOSKI, C. CANDIA-GALLARDO, V. B. ALEGRE, A. E. JAHN, K. D. C. BARBOSA, C. CESTARI, J. N. D. SILVA, N. S. D. SILVEIRA, A. C. V. CRESTANI, A. P. PETRONETTO, A. A. A. BOVO, A. D. VIANA, A. C. ARAUJO, A. H. D. SANTOS, A. C. A. D. AMARAL, A. FERREIRA, A. H. VIEIRA-FILHO, B. C. RIBEIRO,

C. C. C. MISSAGIA, C. BOSENBECKER, C. A. B. MEDOLAGO, C. R. R. ESPÍNOLA, C. FAXINA, C. E. C. NUNES, C. PRATES, D. T. A. D. LUZ, D. J. M., D. MARIZ, D. FARIA, D. MEYER, E. A. DONÁ, E. R. ALEXANDRINO, E. FISCHER, F. GIRARDI, F. BORBAGIESE, F. L. S. SHIBUYA, F. A. FARIA, F. B. D. FARIAS, F. D. L. FAVARO, F. J. F. FREITAS, F. G. CHAVES, F. M. LAS-CASAS, G. L. M. ROSA, G. M. D. L. TORRE, G. M. BOCHIO, G. E. BONETTI, G. KOHLER, G. S. TOLEDO-LIMA, G. P. PLUCENIO, I. MENEZES, I. M. D. TORRES, I. C. C. PROVINCATO, I. R. VIANA, J. J. ROPER, J. E. PERSEGONA, J. J. BARCIK, J. MARTINS-SILVA, J. P. G. JUST, J. P. TAVARES-DAMASCENO, J. R. D. A. FERREIRA, J. R. R. ROSONI, J. E. T. FALCON, L. M. SCHAEGLER, L. B. MATHIAS, L. R. DECONTO, L. D. C. RODRIGUES, M. A. P. MEYER, M. REPENNING, M. A. MELO, M. A. S. D. CARVALHO, M. RODRIGUES, M. F. C. NUNES, M. H. OGRZEWSKA, M. L. GONÇALVES, M. B. VECCHI, M. BETTIO, M. N. D. M. BAPTISTA, M. S. ARANTES, N. L. RUIZ, P. G. B. D. ANDRADE, P. H. L. RIBEIRO, P. M. G. JUNIOR, P. MACARIO, R. D. O. FRATONI, R. MEURER, R. S. SAINT-CLAIR, R. S. ROMAGNA, R. C. A. LACERDA, R. A. S. CERBONCINI, R. B. LYRA, R. LAU, R. C. RODRIGUES, R. R. FARIA, R. R. LAPS, S. L. ALTHOFF, S. D. JESUS, S. NAMBA, T. V. BRAGA, T. MOLIN, T. P. F. CÂMARA, T. R. ENEDINO, U. WISCHHOFF, V. C. D. OLIVEIRA, V. L. SILVA, V. ARAÚJO-LIMA, V. D. O. LUNARDI, R. F. D. GUSMÃO, J. M. D. S. CORREIA, L. P. GASPAR, R. C. B. FONSECA, P. A. F. P. NETO, A. C. M. M. D. AQUINO, B. B. D. CAMARGO, B. A. CEZILA, L. M. COSTA, R. M. PAOLINO, C. Z. KANDA, E. C. S. MONTEIRO, J. E. F. OSHIMA, M. ALVES-EIGENHEER, M. A. PIZO, L. F. SILVEIRA, M. GALETTI, AND M. C. RIBEIRO. 2019. Atlantic bird traits: a data set of bird morphological traits from the Atlantic forests of South America. *Ecology* 100: e02647.

ROLANDO, A. 2002. On the ecology of home range in birds. *Revue d'Ecologie* 57: 53-73.

ROSS, A. L. 2010. Capturando aves. In: *Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada*,

Técnicas de Pesquisa e Levantamento (S.V. Matter, F.C. Straube, I. Accordi, V. Q. Piacentini, J. F. Candido-Jr, eds.), pp. 77-104. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, BR.

RUHMANN, J., M. SOLER, T. PÉREZ-CONTRERAS, AND J. D. IBÁÑEZ-ÁLAMO. 2019. Territoriality and variation in home range size through the entire annual range of migratory great spotted cuckoos (*Clamator glandarius*). *Scientific Reports* 9: 6238.

SANCHEZ-BAYO, F., AND K. A. G. WYCKHUYS. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biological Conservation* 232: 8-27.

SEAMAN, D. E, AND R. A. POWELL. 1996. An evaluation of the accuracy of kernel density estimators for home range analysis. *Ecology* 77: 2075-2085.

SEAMAN, D. E., J. J. MILLSPAUGH, B. J. KERNOHAN, G. C. BRUNDIGE, K. J. RAEDEKE, AND R. A. GITZEN. 1999. Effects of sample size on kernel home range estimates. *The Journal of Wildlife Management* 63: 739-747.

SHERRY, T. W. 1984. Comparative dietary ecology of sympatric, insectivorous neotropical flycatchers (Tyrannidae). *Ecological Monographs* 54: 313-338.

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

SIMON, J. E., AND S. PACHECO. 2005. On the standardization of nest descriptions of neotropical birds. *Revista Brasileira de Ornitologia* 13: 143-154.

SKUTCH, A. F. 1985. Nesting success, and predation on nests of neotropical birds, reviewed. *Ornithological Monographs* 36: 575-594.

SLESSERS, M. 1970. Bathing behavior of land birds. *The Auk* 87: 91-99.

SKUTCH, A. F. 1931. The life history of Rieffer's hummingbird (*Amazilia tzacatl tzacatl*) in Panama and Honduras. *The Auk* 4: 481-500.

STUTCHBURY, B. J. M., AND E. S. MORTON. 2001. *Behavioral ecology of tropical birds*. Academic Press, London, ENG.

- SUZUKI, T. N. 2016. Referential calls coordinate multi-species mobbing in a forest bird community. *Journal of Ethology* 34: 79-84.
- TEIXEIRA, D. M., J. B. NACINOVIC, AND I. M. SCHLOEMP. 1991. Notas sobre alguns Passeriformes brasileiros pouco conhecidos. *Ararajuba* 2: 97-100.
- TELLO, J. G., R. G. MOYLE, D. J. MARCHESE, AND J. CRACRAFT. 2009. Phylogeny and phylogenetic classification of the tyrant flycatchers, cotingas, manakins, and their allies (Aves: Tyrannides). *Cladistics* 25: 429-467.
- TERBORGH, J., S. K. ROBINSON, T. A. PARKER III, C. A. MUNN, AND N. PIERPONT. 1990. Structure and organization of an Amazonian forest bird community. *Ecological Monographs* 60: 213-238.
- VERNER, J., AND M. F. WILLSON. 1969. Mating systems, sexual dimorphism, and the role of male North American passerine birds in nesting cycle. *Ornithological Monographs* 9: 1-76.
- WEATHERHEAD, P. J., AND G. BLOUIN-DEMERS. 2004. Understanding avian nest predation: why ornithologists should study snakes. *Journal of Avian Biology* 35: 185-190.
- WILLIS, E. O, AND Y. ONIKI. 1998. One-parent nesting in Cinnamon-vented Pihas (*Lipaugus lanioides*, Cotinginae, Tyrannidae). *Ornitologia Neotropical* 9: 129-159.
- WORTON, B. J. 1989. Kernel methods for estimating the utilization distribution in home-range studies. *Ecology* 70: 164-168.
- ZIMMER, J. T. 1953. Notes on tyrant flycatchers (Tyrannidae). *American Museum Novitates* 1605: 1-16.
- ZIMMER, K. J., A. WHITTAKER, C. H. SARDELLI, E. GUILHERME, AND A. ALEIXO. 2013. A new species of *Hemitriccus* tody-tyrant from the state of Acre, Brazil. In: *Handbook of the Birds of the World, Special Volume: New Species and Global Index* (J. del Hoyo,

A. Elliott, J. Sargatal, and D. A. Christie, eds.), pp. 292-296. Lynx Edicions, Barcelona, ESP.