

LUCAS PERES SAAVEDRA

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO E ADEQUABILIDADE DE DUAS  
PATATIVAS (THRAUPIDAE: *Sporophila*) E BRAQUIÁRIAS NA  
AMÉRICA DO SUL**

LUCAS PERES SAAVEDRA

**PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO E ADEQUABILIDADE DE DUAS  
PATATIVAS (THRAUPIDAE: *Sporophila*) E BRAQUIÁRIAS NA  
AMÉRICA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí.

**Orientador:** Daniel de Paiva Silva

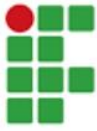
URUTAÍ-GO  
2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SL933p Saavedra, Lucas Peres  
PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO E ADEQUABILIDADE DE DUAS  
PATATIVAS (THRAUPIDAE: Sporophila) E BRAQUIÁRIAS NA  
AMÉRICA DO SUL / Lucas Peres Saavedra; orientador  
Daniel de Paiva Silva. -- Urutaí, 2020.  
28 p.

Monografia ( em Licenciatura em Ciências  
Biológicas) -- Instituto Federal Goiano, Campus  
Urutaí, 2020.

1. Urochloa spp.. 2. Modelagem Preditiva de  
Distribuição de Espécies (MDE). 3. Déficit  
Wallaceano. 4. Papa-capim. I. Silva, Daniel de  
Paiva, orient. II. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Lucas Peres Saavedra

Matrícula: 2016101220530049

Título do Trabalho: PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO E ADEQUABILIDADE DE DUAS PATATIVAS (THRAUPIDAE: Sporophila) E BRAQUIÁRIAS NA AMÉRICA DO SUL

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

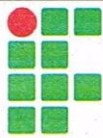
- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Orizona, \_\_\_\_\_, 27 / 03 / 2020.  
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

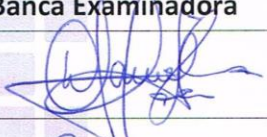
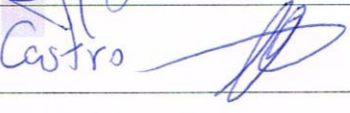

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



## ATA DE APRESENTAÇÃO DE TRABALHO DE CURSO

Às 09 horas do dia 05 de março de 2020, reuniu-se no Auditório José Costa Júnior do Prédio da Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Urutaí, a Banca Examinadora do Trabalho de Curso intitulado "PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO E ADEQUABILIDADE DE DUAS PATATIVAS (THRAUPIDAE: *Sporophila*) E BRAQUIÁRIAS NA AMÉRICA DO SUL", composta pelos professores Daniel de Paiva Silva, André Luis da Silva Castro e Tânia Maria de Moura, para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito parcial para a obtenção do Grau de **Licenciado em Ciências Biológicas**. Abrindo a sessão o orientador e Presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Daniel de Paiva Silva, após dar a conhecer aos presentes a dinâmica da presente defesa, passou a palavra ao licenciando Lucas Peres Saavedra para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Banca Examinadora e respectiva defesa do licenciando. Nesta ocasião, foram solicitadas algumas correções no texto escrito, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Banca Examinadora se reuniu, sem a presença do licenciando e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O aluno foi considerado APROVADO (APROVADO ou NÃO APROVADO), por unanimidade, pelos membros da Banca Examinadora, tendo sido atribuído a nota (9,86) ao seu trabalho. O resultado foi então comunicado publicamente ao licenciando pelo Presidente da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Banca Examinadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta ata que, após lida será assinada por todos os membros da Banca Examinadora para fins de produção de seus efeitos legais.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora	Notas
1. DANIEL de Paiva Silva 	9,6
2. André Luis da Silva Castro 	10,0
3. Tânia Maria de Moura 	10,0
Média final (de 0 a 10 pontos)	9,86

Dedico esse trabalho à Ádina  
Teresinha Peres, mãe, guerreira,  
quem não só me deu a vida, mas  
também a força para viver.

## AGRADECIMENTOS

Como um ser humano cético e na ausência de evidências suficientes, faço simplesmente o que me ensinaram desde criança, agradeço! Agradeço a minha família pelo apoio para transpor as fases difíceis e incentivo para concluir meu desejo de me tornar Biólogo. A todos os professores que caminharam comigo e me inspiraram. As diversas amigas que me engrandeceram, em especial aquelas que conquistei nestes 4 anos de graduação. À aquelas que comigo formaram o memorável “4º fantástico” (Amanda, Alice e Mariana). A minha amiga e eterna madrinha PET, Caroliny Paixão, exemplo de resiliência. A minha tutora e amiga “rolêsera” Luiza Fulgêncio, exemplo de perseverança. Aos vários amigos, hoje profissionais, que trilharam esse caminho antes de mim e me deram coragem para fazê-lo, Letícia (Ruiva), João Pedro, Thaís (Thata), Marcelo, Lorrana e Jordana. Aos meus colegas de casa pela parceria e momentos de descontração. Aos novos aventureiros do curso e hoje amigos, Adrielle (Dríh;), Wanderson, Leonardo, Luiz, Táina e Victória (Vih). Aos meus colegas de classe que comigo carregaram o fardo de cada desafio e compartilharam o sucesso de cada conquista, nas pessoas de Gercino, Andressa, Alexia e Juliany. A eterna amiga Angelica Maciel, por me dar os seus melhores sorrisos nos meus mais difíceis momentos. A professora Cristiane Maria pela sua confiança e por ser uma inesgotável fonte de inspiração. A Daniele Cipriano por me apresentar a ornitologia. A minha grande amiga e “mãe de pena” Lia Kajiki, que me adotou e me orienta nesse gigante universo dos “passarinhus”. Ao meu orientador Daniel Paiva Silva pela orientação e confiança para acolher essa ideia de pesquisa. Ao meu tutor PET André Castro por fornecer seus sábios conselhos durante a graduação. Ao meu amigo mineiro e naturalista, Ravel Trindade que em sua mais sutil contribuição, simplesmente idealizou todo este problema de pesquisa. Por fim, peço desculpas àqueles que não foram aqui apropriadamente nomeados, mas estão cientes de sua importante contribuição. Com este trabalho concluo quatro anos de uma jornada e hoje me esforço para levar comigo o melhor de cada um de vocês.

*“Essentially, all models are wrong,  
but some are useful”*

*(George Edward Pelham Box)*



## Sumário

<b>Resumo .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Métodos .....</b>	<b>9</b>
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	<b>13</b>
<b>4. Considerações Finais.....</b>	<b>18</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>18</b>

## Lista de Figuras

**Figura 1** – Adequabilidade presente (P) e futura (F) na América do Sul para as espécies *Sporophila beltoni* (Sb), *Urochloa* spp. (Ur) e *Sporophila plumbea* (Sp). ..... 14

**Figura 2** – Adequabilidade atual para as espécies Sb (*Sporophila beltoni*) e Sp (*Sporophila plumbea*) e predição futura para o ano de 2070, de acordo com os 17 cenários Atmosfera-Oceano de emissões de gases do efeitos estufa; A) ACCESS1-0; B) BCC-CSM1-1; C) CCSM4; D) CNRM-CM5; E) GFDL-CM3; F) GISS-E2-R; G) HadGEM2-AO; H) HadGEM2-ES; I) HadGEM2-CC; J) INMCM4; K) IPSL-CM5A-LR; L) MIROC5; M) MRI-CGCM3; N) MIROC-ESM-CHEM; O) MPI-ESM-LR; P) MIROC-ESM; Q) NorESM1-M. .... 15

**Figura 3** – Adequabilidade e área de sobreposição atual (P) e futura (F) na América do Sul para as espécies *Sporophila beltoni* (Sb), *Urochloa* spp. (Ur) e *Sporophila plumbea* (Sp). Amarelo indica presença apenas para as aves (Sb à esquerda e Sp à direita); Verde indica área adequada apenas para *Urochloa* spp.; Laranja indica a sobreposição da adequabilidade das aves com *Urochloa* spp. .... 17

## Resumo

A introdução de espécies exóticas invasoras é uma das principais causas de extinção de espécies nativas, espécies com alto potencial invasor são capazes de alterar as características naturais dos ambientes ocupados até a nível ecossistêmico. As respostas das espécies invasoras frente às mudanças climáticas variam de acordo com suas características fenológicas, genéticas e comportamentais. As plantas exóticas invasoras do gênero *Urochloa* se destacam como ameaças às aves campestres. As patativas (*Sporophila plumbea* e *Sporophila beltoni*; Passeriformes: Thraupidae) são aves adaptadas para se alimentar dos frutos dessas gramíneas. Ambas as aves são comumente abordadas em estudos comparativos por possuírem uma recente radiação e estreita relação filogenética, mas não há comparações ecológicas de nicho com gramíneas exóticas invasoras. Deste modo, objetivamos comparar a distribuição preditiva das duas espécies de patativas supracitadas e *Urochloa* spp. na América do Sul sob o efeito das mudanças climáticas globais. Coletamos as ocorrências para as espécies em bancos de dados online e excluímos aqueles duvidosos, tendenciosos ou ausente de informações. As 19 variáveis ambientais foram retiradas do *WorldClim* padronizadas e submetidas a uma análise de componentes principais. Para projeção futura utilizamos 17 Modelos de Mudanças Climáticas Atmosfera-Oceano considerando o cenário mais pessimista de emissão de carbono (RCP, 8.5). Para treino e teste dos modelos utilizamos o método tabuleiro de damas, e o subconjunto de treino teve sua atuação restrita à ecoregiões da América do Sul. Para avaliação dos modelos, quantificamos os erros de comissão e omissão através do índice de similaridade de Jaccard. Para construção dos modelos usamos o pacote ENMTML, no software R com oito algoritmos de modelagem. As pseudo-ausências foram alocadas num espaço climático multivariado utilizando o *Bioclim* e os modelos finais produzidos foram concatenados em um único modelo final por meio do método *ensemble*. Obtivemos 887 registros para *Urochloa* spp., 675 para *S. plumbea* e 44 para *S. beltoni*, e valores de Jaccard iguais a 0,88; 0,79 e 0,74; respectivamente. Os modelos foram capazes de prever novas áreas de adequabilidade para as espécies. Em cenários futuros a espécie *S. beltoni* apresentou perda total de adequabilidade nas áreas atualmente habitáveis enquanto para *S. plumbea* houve um isolamento das manchas atualmente adequadas para espécie. Aproximadamente 60% do território da América do Sul se mostrou adequado para invasão de *Urochloa* spp. e houve uma acentuada sobreposição (90%) da área total de ambas as espécies de aves com a exótica invasora. Evidenciamos que as áreas mais propícias para estabelecimento das aves se encontram sobre potencial ameaça das gramíneas invasoras do gênero, assim o gênero invasor se mostrou um ameaça para ambas as espécies de aves, tanto no cenário atual quanto sob o efeito de mudanças climáticas futuras.

**Palavras-chave:** *Urochloa* spp. Modelagem Preditiva de Distribuição de Espécies (MDE). Déficit Wallaceano. Papa-capim.

## Abstract

The introduction of invasive alien species is one of the main causes of extinction of native species, species with high invasive potential are able to alter the natural characteristics of occupied environments to an ecosystem level. The responses of invasive species to climate change according to their phenological, genetic and behavioral characteristics. The invasive exotic plants of the genus *Urochloa* are highlighted as threats to country birds. The seedeaters (*Sporophila plumbea* and *Sporophila beltoni*; Passeriformes: Thraupidae) are birds adapted to feed the fruits of these grasses. Both birds are commonly addressed in comparative studies because of a recent association of impact and phylogenetic association, but there are no ecological niche comparisons with invasive exotic grasses. In this way, we aim to compare the predictive distribution of the two species of seedeaters mentioned above and *Urochloa* spp. in South America under the influence of global climate change. We collect occurrences for species in online databases and exclude those that are doubtful, biased or missing information. As 19 environmental variables were removed from the WorldClim standardized and subjected to an analysis of the main components. For future projection, we use 17 Atmospheric-Ocean Climate Change Models, considering the most pessimistic scenario of carbon emissions (RCP, 8.5). For training and testing of models we use the checkboard method and training subset had its performance restricted to the ecoregions of South America. For model evaluation, quantification of commission errors and omission through the Jaccard similarity index. For building the models we use the ENMTML package, in R software with eight modeling algorithms. The pseudo-absences were allocated in a multivariate climatic space using Bioclim and the final models produced were concatenated into a single final model using the ensemble method. It obtains 887 records for *Urochloa* spp., 675 for *S. plumbea* and 44 for *S. beltoni*, and Jaccard values equal to 0.88; 0.79 and 0.74; respectively. The models were able to predict new areas of suitability for the species. In future scenarios, the species *S. beltoni* showed total loss of suitability in the areas currently habitable, while *S. plumbea* presented an isolation of the patches currently suitable. Approximately 60% of the territory of South America is suitable for invasion by *Urochloa* spp. and there was a high overlap of areas (90%) between both birds and exotic. We have shown that the most favorable areas for the establishment of birds are under the potential threat of invasive exotic grasses of the genus, so the invasive genus has proved to be a threat to both bird species, both in the current scenario and under the effect of future climate changes.

**Keywords:** *Urochloa* spp. Species Distribution Modelling (SDM). Wallacean deficit. Seed eater.

## 1. Introdução

A preocupação com espécies exóticas invasoras é recorrente, assim como os trabalhos que buscam investigar seus impactos na sociedade atual (ex: GALLARDO et al., 2016; LAVIN, 2016; RICCIARDI; RYAN, 2018; THOMAS et al., 2019). Os fatores que levam essa discussão são diversos, como o alto custo de controle (TOBIN, 2018), seu impacto econômico e, principalmente, ameaça a biodiversidade (PAINI et al., 2016; PIMENTEL, 2005; PIMENTEL et al., 2001), uma vez que a introdução de espécies exóticas invasoras é considerada atualmente uma das principais causas de extinção de espécies nativas (BELLARD; CASSEY; BLACKBURN, 2016). Como por exemplo ao táxon Aves, onde as espécies invasoras podem ocupar o primeiro lugar no ranking de causas de extinção (CLAVERO; GARCÍA-BERTHOU, 2005). Uma espécie é considerada exótica quando é capaz de transpor barreiras geográficas e se estabelecer além de seu território nativo. Entretanto, para se tornar invasora, seu alcance precisa ir além de barreiras geográficas, necessita que seu grau de abundância e distribuição represente uma ameaça ao ambiente invadido (COLAUTTI; MACISAAC, 2004).

Espécies invasoras são capazes de alterar as características naturais dos ambientes invadidos, muitas das vezes a um nível ecossistêmico. Gramíneas exóticas são capazes de alterar composições químicas do solo (JORDAN; LARSON; HUERD, 2008), regimes de fogo (RAGHU et al., 2006) e disponibilidade de biomassa (CHEPLICK, 2006). Além disso, elas podem competir mais eficientemente com espécies do locais invadidos do que com as nativas de suas regiões de origem (CALLAWAY; ASCHEHOUG, 2000). No processo de introdução, a espécie invasora acaba escapando de seus inimigos naturais, e essas e outras características, como rápido crescimento, reprodução, dispersão, maior eficiência no uso e captura de energia, são fatores decisivos para o sucesso de invasão (PATTISON; GOLDSTEIN; ARES, 1998).

As respostas das espécies invasoras frente às mudanças climáticas globais muitas vezes são desconhecidas, apesar de seu entendimento ser frequentemente requerido. A resposta varia de acordo com a espécie estudada, enquanto algumas podem vir a expandir exponencialmente sua área de invasão, outras podem ser reprimidas (BROENNIMANN; GUIBAN, 2008), além do mais, tais processos variam de acordo com as características fenológicas, genéticas e comportamentais individuais de cada espécie (HELLMANN et al., 2008). Nagel et al. (2004), comparando uma espécie de gramínea exótica com uma nativa, identificou um alto desempenho da exótica perante um aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, condições estas semelhantes aquelas previstas pelos cenários futuros de emissão de gases do efeito estufa.

33 Alterações antrópicas podem agravar a proliferação de espécies invasoras, práticas relacionadas  
34 ao uso do solo, além de excluir espécies nativas, são consideradas um dos principais geradores  
35 de condições propícias para a expansão de espécies invasoras (HOBBS, 2000).

36 Entre as espécies de plantas exóticas invasoras com potencial risco à biodiversidade,  
37 destacam-se as espécies de *Urochloa* (P. beauv.) (PIVELLO; SHIDA; MEIRELLES, 1999;  
38 SILVA, 1999). As espécies do gênero foram introduzidas no Brasil intencionalmente para  
39 formação de pastagens e depois saíram do controle humano, distribuindo-se, atualmente, pelos  
40 diversos ecossistemas brasileiros. Essas gramíneas possuem alto potencial invasor e são  
41 capazes de sobrepor às nativas ao longo do tempo por competição direta (I3N BRASIL, 2020).  
42 Segundo o Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental  
43 (<http://i3n.institutohorus.org.br/>), no Brasil há dez espécies de braquiárias (*Urochloa* spp.),  
44 todas consideradas invasoras no território nacional.

45 Os ambientes campestres sustentam uma importante biodiversidade, por vezes,  
46 considerada ameaçada por espécies exóticas invasoras, principalmente quando se considera a  
47 avifauna desse ecossistema (STOTZ et al., 1996). As *Sporophila* (Cabanis, 1844) são aves  
48 adaptadas para se alimentar dos grãos, disponíveis nas inflorescências de gramíneas,  
49 apresentando bico cônico e forte (SICK, 1997), portanto são afetadas diretamente pela  
50 quantidade e variedade de gramíneas presente nos ambientes campestres. Enquanto algumas  
51 aves são citadas como oportunistas, chegando a expandir sua distribuição com a invasão das  
52 gramíneas exóticas (FRANCISCO, 2006; SICK, 1997), outras são consideradas vulneráveis à  
53 invasão (SICK, 1997; TUBELIS; CAVALCANTI, 2000). Fieker (2016), estudando a dieta  
54 alimentar de aves do gênero, registrou a exótica *Urochloa* spp. servindo de alimento para cinco  
55 espécies de *Sporophila*, enquanto outras quatro não se alimentaram dos seus frutos, mesmo que  
56 disponíveis para as aves durante o período de estudo. Para a patativa-verdadeira (*Sporophila*  
57 *plumbea*; Wied, 1830), *Urochloa* spp. chegou a representar a terceira espécie com maior  
58 número de registros de consumo (FIEKER, 2016). Apesar desse registro de alimentação a  
59 espécie foi descrita como altamente sensível a alterações antrópicas e presença da espécie  
60 exótica *Panicum maximum* Jacq. (FRANCHIN A.G., JULIANO R.F., 2008). Isso evidencia o  
61 quão pouco ainda sabemos sobre a complexa interação trófica entre as patativas e gramíneas  
62 exóticas (SILVA, 1999).

63 A *Sporophila plumbea* foi por muito tempo considerada como uma meta-população  
64 polimórfica, ou seja, com uma alta variação morfológica entre os indivíduos de cada população

65 (RIDGELY; TUDOR, 1989), entretanto essa circunscrição foi mais bem esclarecida nos  
66 últimos anos. A primeira distinção deu-se com a descrição de *Sporophila beltoni* (Repenning  
67 & Fontana, 2013) como uma espécie independente do complexo *S. plumbea* (REPENNING;  
68 FONTANA, 2013). A mais recente discussão taxonômica reafirmou tal segregação e ainda  
69 sugeriu separar a subespécie *S. plumbea* subs. *whiteleyana* como espécie plena, redistribuindo  
70 *S. plumbea* em duas subespécies (*S. plumbea* e *S. plumbea* “sul”) (REPENNING, 2017).  
71 Entretanto, estudos filogeográficos mais específicos são necessários para esclarecer tais  
72 distinções. Por isso, neste trabalho, consideramos *S. plumbea* como uma espécie monotípica,  
73 desconsiderando suas subpopulações descritas por Repenning (2017).

74 As espécies *S. plumbea* e *S. beltoni* são comumente abordadas em estudos comparativos  
75 (REPENNING, 2012, 2017), uma vez que apresentam uma recente radiação e estreita relação  
76 filogenética (BURNS et al., 2014; FIEKER, 2016). A patativa-verdadeira (*S. plumbea*) possui  
77 população estável, sem fragmentação severa e estado de ameaça pouco preocupante (ICMBIO,  
78 2018). Entretanto não são conhecidas ações de monitoramento local (ICMBIO, 2018) e seu  
79 tamanho populacional não é quantificado, além de ser distribuída de maneira irregular e de  
80 ocorrência considerada incomum (STOTZ et al., 1996). A patativa-tropeira (*S. beltoni*) é  
81 atualmente considerada vulnerável segundo o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada  
82 de Extinção (ICMBIO, 2018), além disso sua população se encontra em constante declínio, já  
83 sendo considerada extinta em grande parte da região sul brasileira. A alimentação da patativa-  
84 tropeira também é composta pelos frutos (cariopses) de mais de 30 gramíneas nativas (FIEKER,  
85 2016; REPENNING, 2012). Entretanto, até os estudos atuais não foram feitos registros de  
86 alimentação da ave por gramíneas exóticas invasoras reconhecidas pelo Instituto Hórus de  
87 Desenvolvimento e Conservação Ambiental (I3N BRASIL, 2020).

88 Diversos trabalhos abordaram as patativas e suas possíveis relações, tróficas (FIEKER,  
89 2016), filogenéticas (BURNS et al., 2014; LIJMAER et al., 2004), biogeográficas  
90 (REPENNING, 2017), reprodução e história natural (REPENNING, 2012), mas não houve até  
91 o presente momento qualquer estudo com foco nas relações ecológicas de nicho entre as  
92 espécies de patativas (*S. plumbea* e *S. beltoni*) e gramíneas exóticas invasoras. De modo geral,  
93 pouco se é conhecido sobre as complexas relações entre gramíneas invasoras e aves nativas  
94 (SILVA, 1999), principalmente quando se trata da recente radiação destas duas espécies, onde  
95 os possíveis efeitos da presença de exóticas ainda permanecem nebulosos.

96 Quando se trata de exóticas invasoras a prevenção do estabelecimento é a ação mais  
97 efetiva (SIMBERLOFF et al., 2013), desta forma a Modelagem Preditiva de Distribuição de  
98 Espécies (MDE) se mostra como uma ferramentas eficiente e é comumente utilizada para esse  
99 fim (BARBET-MASSIN et al., 2018; FALEIRO et al., 2015; GUAN et al., 2020). Utilizando  
100 de ocorrências conhecidas e variáveis climáticas locais, os modelos criam um espaço ambiental  
101 teórico e o projetam em um ambiente geográfico mensurável, a fim de determinar as prováveis  
102 áreas de distribuição das espécies (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000). Ferdinands, Beggs e  
103 Whitehead (2005), fazendo uso dessa metodologia foram capazes de detectar que áreas  
104 invadidas por *Urochloa mutica* (Forssk. (R.D. Webster ex Zon)) não são adequadas para aves  
105 nativas, uma vez que aglomerados da gramínea reduzem a oferta de sementes para alimentação  
106 e até impedem o acesso a recursos do ambiente como água ou solo. As predições futuras  
107 realizadas pelos MDEs são capazes de nos fornecer *insights* sobre como as sobreposições de  
108 área e por sua vez interações bióticas responderão a luz das mudanças climáticas. Apesar do  
109 seu reconhecido potencial, a maioria do trabalhos que abordam os efeitos das mudanças  
110 climáticas nos ecossistemas não discutem os possíveis efeitos nas redes de interações entre as  
111 espécies (CARPENTER; BENNETT; PETERSON, 2006). Os poucos estudos que tratam sobre  
112 os efeitos das mudanças climáticas nas interações bióticas destacam a importância da discussão  
113 e encontram muitas vezes resultados inesperados úteis para conservação (TYLIANAKIS et al.,  
114 2008). Assim objetivamos comparar a distribuição preditiva de duas espécies de patativas (*S.*  
115 *plumbea* e *S. beltoni*; Passeriformes: Thraupidae) com *Urochloa* spp. na América do Sul, à luz  
116 das condições climáticas atuais e em cenários futuros de emissão de gases do efeito estufa.

## 117 2. Métodos

118 Para coleta das ocorrências realizamos uma busca em diferentes fontes de dados *online*.  
119 Acessamos os registros de *Urochloa* spp. nas bases *Global Biodiversity Information Facility* –  
120 GBIF (<https://www.gbif.org/>); Portal da Biodiversidade – PortalBio  
121 (<https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/>); Sistema de Informação Distribuído para  
122 Coleções Científicas - speciesLink (<http://splink.cria.org.br/>); Base de Dados Nacional de  
123 Espécies Exóticas Invasoras - I3N Brasil (<http://bd.institutohorus.org.br/www/>); *Global*  
124 *Invasive Species Information Network* - GISIN (<http://gisin.org/>) e Reflora - Herbário Virtual  
125 (<http://reflora.jbrj.gov.br>). Durante a pesquisa, coletamos todos os registros para o gênero  
126 *Urochloa*, outras nomenclaturas científicas específicas como descritor da espécie ou variedades  
127 foram todas agrupadas. A generalização dos registros é justificada pelo reconhecido potencial



128 invasor do gênero e seus possíveis malefícios (I3N BRASIL, 2020), foco principal de discussão  
129 no presente trabalho. Além disso, registros provenientes de artigos acadêmicos não foram  
130 usados para complementar o banco de dados, que se mostrou abundante suficientemente por se  
131 tratar de um gênero de alto potencial invasivo.

132 Utilizamos os bancos de dados GBIF; speciesLink; eBird (<https://ebird.org/home>);  
133 xeno-canto (<https://www.xeno-canto.org/>) e PortalBio para obtenção das ocorrências das  
134 espécies de aves. Entretanto, este último não apresentou ocorrências para *S. beltoni*, que foram  
135 complementadas com ocorrências da literatura provenientes da coleção principal do *Web of*  
136 *Science* ([www.webofknowledge.com](http://www.webofknowledge.com)). A pesquisa para complementação foi realizada apenas  
137 com o gênero e epíteto específico de cada ave, mas não houve resultados georreferenciados  
138 para *S. plumbea*. Todas as ocorrências obtidas foram identificadas com um registro alfa  
139 numérico único contendo a fonte dos registros, a fim de evitar eventuais perdas de informações  
140 durante tratamento dos dados. Todas as ocorrências foram classificadas de acordo com o tipo  
141 do registro realizado, sendo divididas em coleções de museus/herbários; artigos científicos,  
142 observações humanas e aquelas sem especificação (células em branco). Devido à  
143 indisponibilidade de validar os registros fotográficos ou sonoros, os classificamos como  
144 observações humanas.

145 Ocorrências sem correspondências latitudinais e/ou longitudinais foram descartadas,  
146 assim como aquelas duplicadas, zeradas ou fora da área de estudo. Sabe-se que o uso de  
147 registros duplicados ou inconfiáveis pode causar um enviesamento dos modelos produzidos  
148 uma vez que a qualidade dos modelos é diretamente relacionada com a confiabilidade dos  
149 registros utilizados (LEMES et al., 2011). Assim, excluímos as ocorrências duplicadas seguindo  
150 uma ordem de importância, eliminando, prioritariamente, aquelas sem especificação do tipo de  
151 registro, a fim de aumentar a confiabilidade do banco de dados construído. Registros para *S.*  
152 *plumbea* datados de antes do trabalho realizado por Repenning & Fontana (2013) foram  
153 desconsiderados, para evitar eventuais confusões na identificação da espécie. Coordenadas  
154 geográficas que corresponderam a centroides de cidades/municípios, estados ou países não  
155 foram utilizadas na construção dos modelos finais. Por essa razão registros originários de  
156 bancos de dados que não fornecem coordenadas específicas (i.g: WikiAves) não foram  
157 utilizados, uma vez que generalizações no referenciamento não são recomendáveis para  
158 produção de modelos preditivos (FOODY, 2011). Outra medida adotada para evitar o  
159 tendenciamento dos modelos foi a eliminação de ocorrências alocadas a distâncias menores que

160 8km de circunferência uma da outra, esse processo permite o refinamento dos dados espaciais  
161 das espécies (AIELLO-LAMMENS et al., 2015).

162 Foram utilizadas apenas ocorrências para América do Sul, considerando a resolução de  
163 4 Km<sup>2</sup> (2.5-min) por célula, as ocorrências brutas utilizadas totalizaram respectivamente 85  
164 para *S. beltoni*; 4.537 para *S. plumbea*; e 14.346 para *Urochloa* spp. As variáveis ambientais  
165 foram retiradas do *WorldClim* 1.4 (<https://www.worldclim.org/>), totalizando 19 variáveis  
166 climáticas. A padronização das variáveis foi realizada subtraindo o valor individual de cada  
167 variável pela média geral e em seguida dividindo o resultado pelo desvio padrão. Assim os  
168 valores obtiveram uma padronização, de desvio padrão igual a um e média igual a zero. As  
169 variáveis padronizadas foram submetidas a uma análise de componentes principais (ACPs), na  
170 qual os Componentes Principais (CPs) produzidos foram utilizados apenas aqueles de maior  
171 representatividade, sendo responsáveis pela maior variação ambiental do modelo produzido. A  
172 padronização das variáveis e escolha dos componentes principais impede que certas variáveis  
173 pesem na decisão dos modelos em relação as demais, o que é sabidamente conhecido por causar  
174 um enviesamento nos modelos produzidos (HIRZEL; ARLETTAZ, 2003). Para projeção  
175 futura, foram utilizados 17 Modelos de Mudanças Climáticas Atmosfera-Oceano (ACCESS1-  
176 0; BCC-CSM1-1; CCSM4; CNRM-CM5; GFDL-CM3; GISS-E2-R; HadGEM2-AO;  
177 HadGEM2-ES; HadGEM2-CC; INMCM4; IPSL-CM5A-LR; MIROC5; MRI-CGCM3;  
178 MIROC-ESM-CHEM; MPI-ESM-LR; MIROC-ESM; NorESM1-M.) todos provenientes da  
179 base de dados do *WorldClim*. Entre os quatro cenários disponíveis para cada modelo,  
180 consideramos apenas o mais pessimista (*Representative Concentration Pathway - RCP, 8.5*),  
181 considerado o mais provável de acordo com as atuais condições de emissão de Gases do Efeito  
182 Estufa (GEEs) na atmosfera (RIAHI et al., 2011).

183 Para construção dos modelos futuros, os mesmos CPs obtidos a partir da ACP do  
184 presente foram projetados nos cenários futuros para o ano de 2070, a fim de manter uma  
185 correlação entre os cenários. Para treino e teste dos modelos utilizamos o método tabuleiro de  
186 damas, que particiona as ocorrências em dois subconjuntos iguais. Metade é usada para treinar  
187 os modelos, produzindo as previsões, enquanto a outra metade é utilizada para testar a partir da  
188 projeção dos modelos criados. O subconjunto de treino teve sua atuação restrita por ecorregiões  
189 da América do Sul previamente baixadas a partir do site *World Wildlife Fund - WWF*  
190 (<https://www.worldwildlife.org/biomes>). Assim, apenas as ecorregiões com ocorrências para  
191 espécie foram consideradas para treino dos modelos preditivos. Essa abordagem vem sendo

192 utilizada para evitar que quadrantes de áreas inadequadas para espécie sejam utilizadas na  
193 construção dos modelos (SILVA et al., 2019).

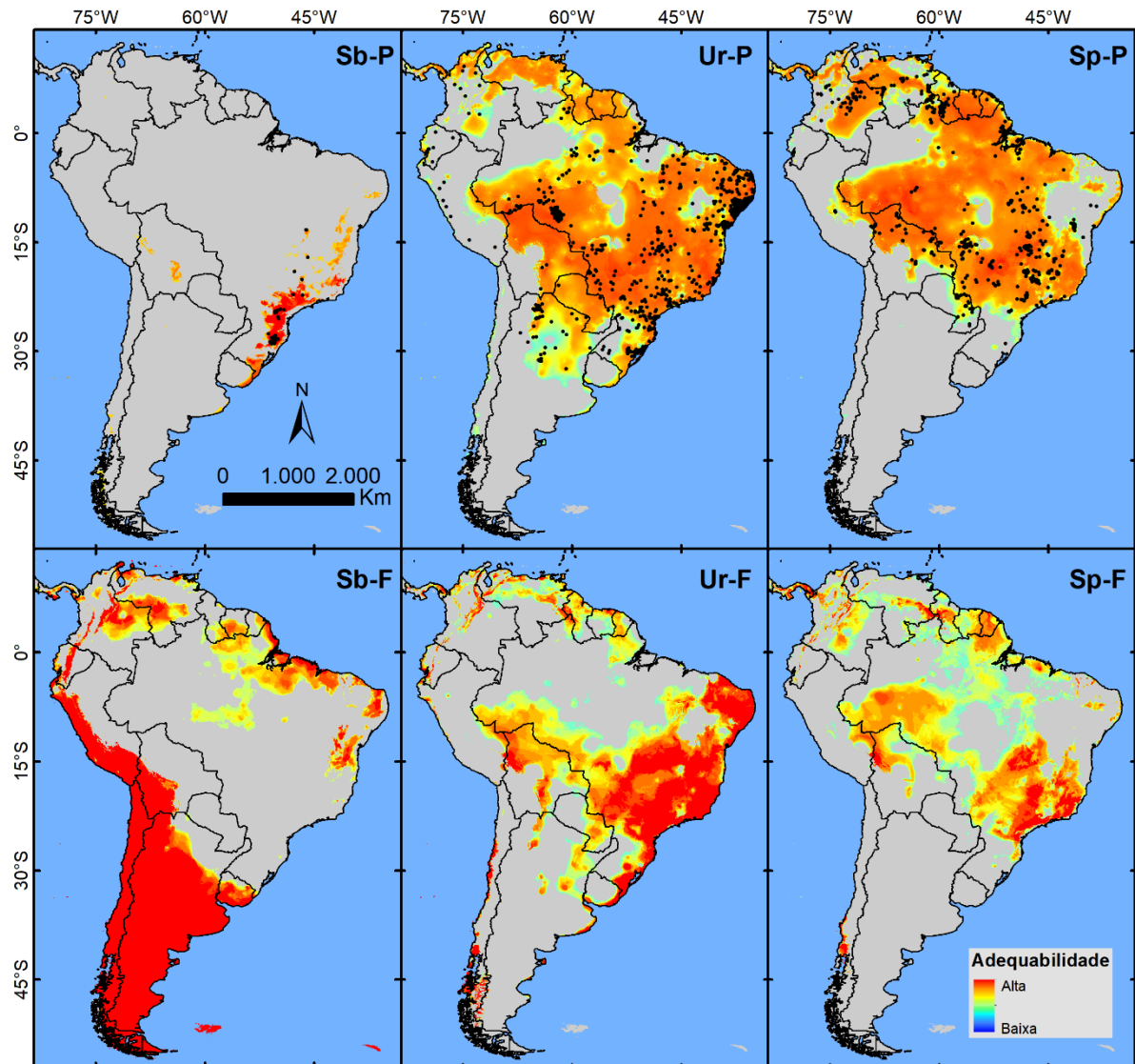
194 Para avaliação dos modelos quantificamos os erros de comissão (falsos positivos) e  
195 omissão (falsos negativos) através de um limiar que maximiza a capacidade dos modelos para  
196 prever novas áreas de adequabilidade, mas sem criar uma extrapolação que fuja arbitrariamente  
197 das observações. A validação dos modelos foi realizada utilizando o índice de similaridade de  
198 Jaccard, baseada basicamente na comparação dos modelos produzidos com os dados  
199 observados, tendo seus valores variando de zero a um. Quanto mais alto o valor obtido, mais  
200 semelhantes são as predições em relação às observações, enquanto valores próximos a zero  
201 apresentam um maior número de erros de comissão (extrapolação das observações) e omissão  
202 (negligenciamento das observações) (JACCARD, 1908). Essa métrica de validação é indicada,  
203 pois independe da prevalência e descarta a necessidade de dados de ausência, impedindo assim  
204 a criação de pseudo-ausências pelos modelos durante a avaliação dos mesmos (LEROY et al.,  
205 2018).

206 Para construção dos modelos utilizamos o pacote ENMTML (ANDRADE; VELAZCO;  
207 DE MARCO JÚNIOR, 2020), aplicado no software R versão 3.4.0. Foram utilizados oito  
208 métodos de modelagem para criação dos modelos, sendo eles: BIO - BIO: *Bioclim* (NIX, 1986);  
209 MAH - *Mahalanobis* (MAHALANOBIS, 1936); MXS - *Maximum Entropy simple* (PHILLIPS;  
210 ANDERSON; SCHAPIRE, 2006); SVM - Support Vector Machine (CORTES; VAPNIK,  
211 1995); RDF - Random Forest (BREIMAN, 2001); GAM - Generalized Additive Models  
212 (BUJA; HASTIE; TIBSHIRANI, 1989; HASTIE; TIBSHIRANI, 1990); GLM - Generalized  
213 Linear Models (NELDER; WEDDERBURN, 1972); GAU - Bayesian Gaussian Process  
214 (GOLDING; GOLDING, 2014). Para alocação de pseudo-ausências quando requeridas pelos  
215 algoritmos, utilizamos o *Bioclim* para criar um espaço climático multivariado. A alocação das  
216 pseudo-ausências fora dos espaços ambientais adequados para espécie fornece um maior  
217 embasamento metodológico do que alocações feitas ao acaso no ambiente geográfico. Os  
218 modelos produzidos para cada um dos seis algoritmos foram concatenados seguindo o método  
219 *ensemble*, utilizando os valores do índice de similaridade de Jaccard de cada modelo individual  
220 para ponderar a representatividade de cada algoritmo no modelo final produzido (ARAUJO;  
221 NEW, 2007).

### 222 3. Resultados e Discussão

223 Dos 18.968 registros encontrados para os táxons estudados, apenas 8% (n=1.606) foram  
224 utilizados para construção dos modelos finais, sendo eles: 887 para *Urochloa* spp., 675 para *S.*  
225 *plumbea* e 44 para *S. beltoni*. Os modelos finais produzidos apresentaram valores de Jaccard  
226 satisfatórios para os três táxons analisados, *Urochloa* spp. (0,883), *S. plumbea* (0,797) e *S.*  
227 *beltoni* (0,746) segundo o índice de similaridade de Jaccard (JACCARD, 1908). Estes valores  
228 indicam que as previsões dos modelos (adequabilidade prevista) apresentam uma alta  
229 compatibilidade com a realidade observada (ocorrências conhecidas) na distribuição da espécie  
230 (LEROY et al., 2018).

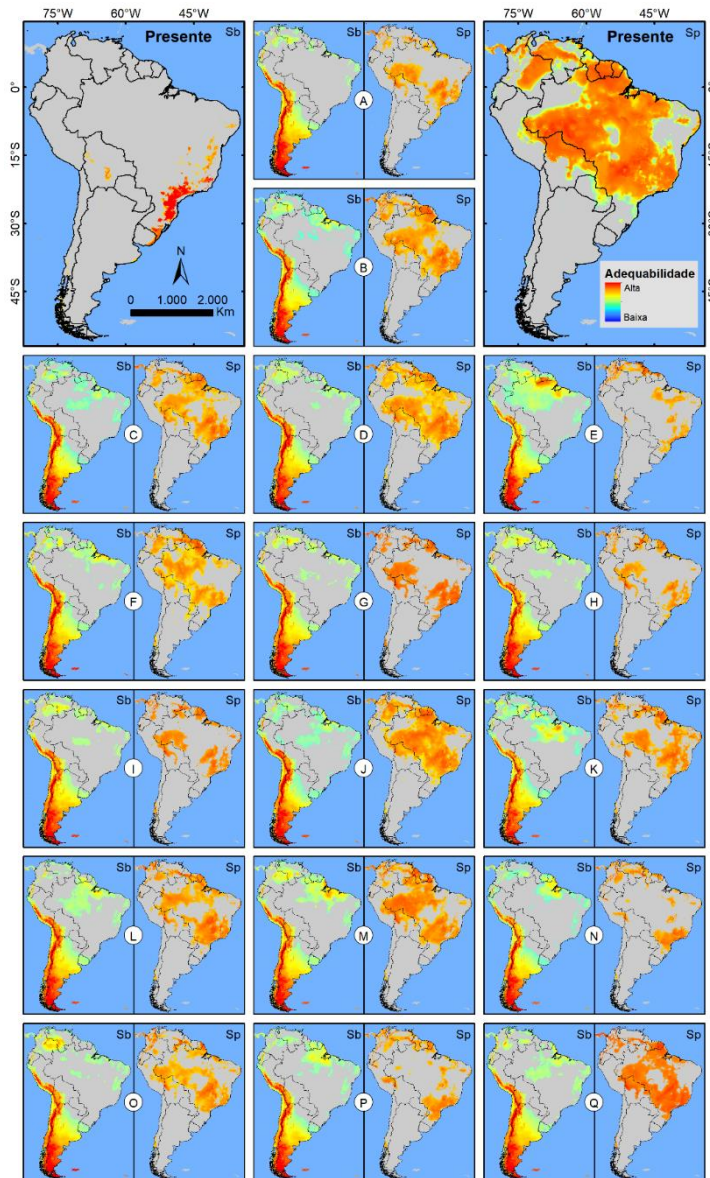
231 Uma curta faixa de adequabilidade para *S. beltoni* no cenário atual era esperada quando  
232 se considera sua distribuição restrita (Figura 1; Sb-P). Entretanto, manchas foram preditas em  
233 áreas sem coordenadas conhecidas, duas delas isoladas no *subandino* (primeiros levantamentos  
234 dos Andes) boliviano e uma contínua que se estende do extremo sul do Rio Grande do Sul (Br)  
235 até a costa leste do Uruguai. Do mesmo modo, manchas sem registros confirmados que vão da  
236 porção nordeste até a leste da região sudeste brasileira são notáveis. Nossos mapas previram  
237 uma distribuição ainda mais ampla para a espécie do que o previsto por Repenning (2017). Os  
238 fatores responsáveis por tais diferenças podem ser: 1) a nossa falta de discernimento entre  
239 registros de reprodução e invernada da espécie, o que consequentemente ampliou nosso banco  
240 de dados; 2) a ampla metodologia de modelagem que utilizamos e que inclui diversos  
241 algoritmos. Apesar da manutenção de áreas adequadas no nordeste brasileiro em cenários  
242 futuros, essas áreas cobrem apenas parte do território de invernada da espécie. De acordo com  
243 o que é atualmente descrito pela Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional  
244 para a Conservação da Natureza (IUCN, 2017), essas áreas não se mostram propícias para  
245 reprodução e consequentemente manutenção de populações viáveis. O mesmo pode ser inferido  
246 para as demais regiões nortes da América do Sul que apresentaram adequabilidade para a  
247 espécie em cenários futuros. Toda a área ótima para reprodução da espécie prevista por  
248 Repenning (2017) não se manteve nos nossos modelos futuros, isso é extremamente  
249 preocupante e pode nos indicar um dos fatores responsáveis pelo atual declínio populacional  
250 notificado pela IUCN (2017).



**Figura 1** – Adequabilidade presente (P) e futura (F) na América do Sul para as espécies *Sporophila beltoni* (Sb), *Urochloa* spp. (Ur) e *Sporophila plumbea* (Sp).

251           Grandes porções da América andina e platina apresentaram alta adequabilidade para *S.*  
 252 *beltoni* em cenários futuros (Figura 1; Sb-F). Porém, apesar da grande mobilidade da espécie e  
 253 alta capacidade de voo (REPENNING, 2017), inferimos que estas são pouco promissoras para  
 254 uma manutenção populacional, uma vez que sua população é considerada pequena, vulnerável  
 255 e endêmica do Brasil (PIACENTINI et al., 2015). Além disso, os movimentos migratórios da  
 256 espécie ocorrem em direção contrária a essas áreas, em direção ao bioma Cerrado presente na  
 257 porção equatorial de sua área de reprodução. Assim, mesmo com o evidente aumento de área  
 258 de aproximadamente 48% de adequabilidade no cenário futuro, estas se mostram inapropriadas

259 para seu estabelecimento. Neste cenário pessimista de total perda de adequabilidade das áreas  
260 atualmente habitáveis em cenários futuros (Figura 2), sugere-se uma atenção especial para  
261 conservação das áreas atualmente adequadas e atualização dos dados de ameaça para a espécie  
262 diante das mudanças climáticas globais.



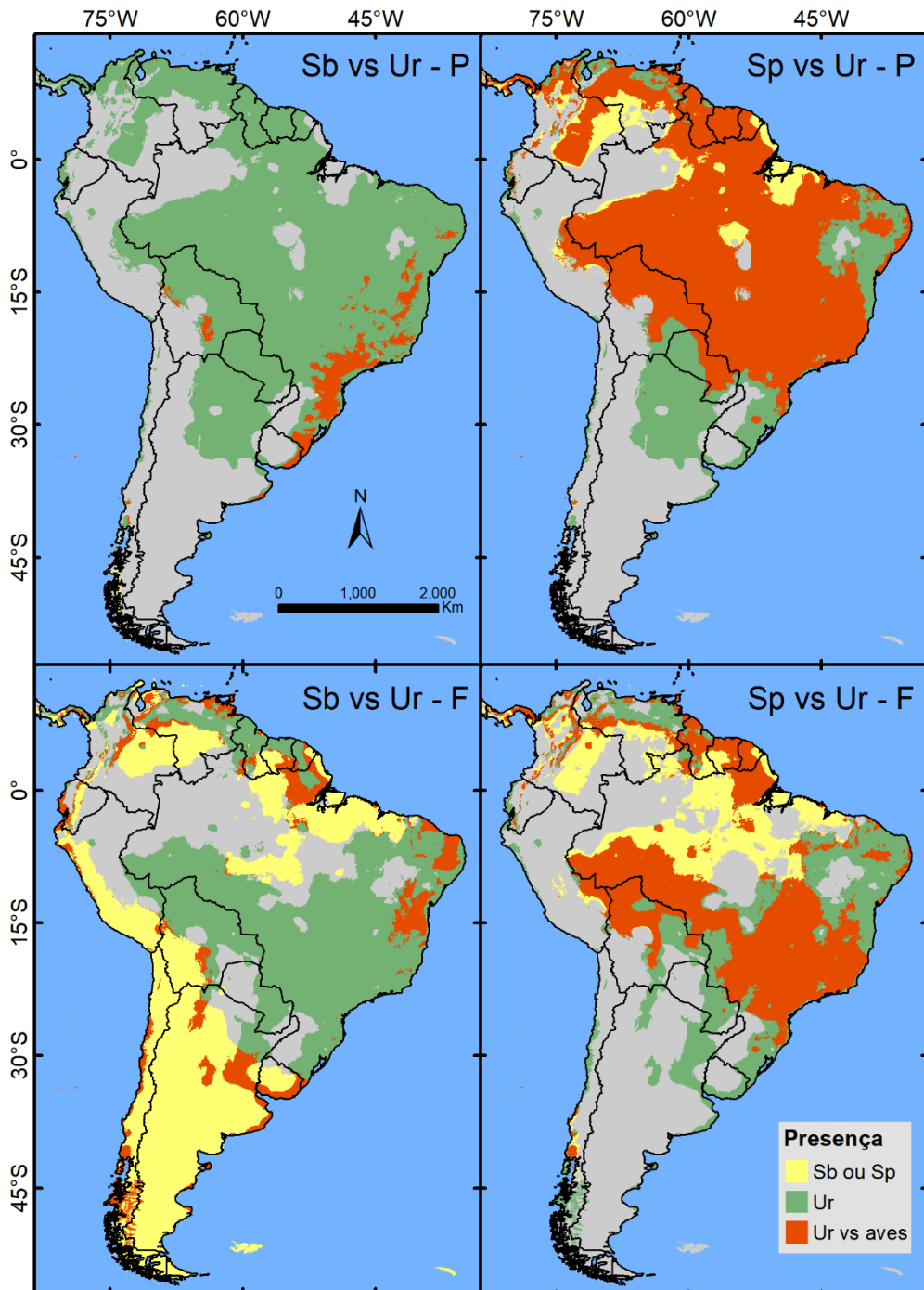
**Figura 2** – Adequabilidade atual para as espécies **Sb** (*Sporophila beltoni*) e **Sp** (*Sporophila plumbea*) e predição futura para o ano de 2070, de acordo com os 17 cenários Atmosfera-Oceano de emissões de gases do efeito estufa; A) ACCESS1-0; B) BCC-CSM1-1; C) CCSM4; D) CNRM-CM5; E) GFDL-CM3; F) GISS-E2-R; G) HadGEM2-AO; H) HadGEM2-ES; I) HadGEM2-CC; J) INMCM4; K) IPSL-CM5A-LR; L) MIROC5; M) MRI-CGCM3; N) MIROC-ESM-CHEM; O) MPI-ESM-LR; P) MIROC-ESM; Q) NorESM1-M.

263 A área adequada para a espécie *S. plumbea* sofreu uma perda de 13% de adequabilidade  
264 no cenário futuro, sendo as perdas mais evidentes no planalto central brasileiro que apresenta  
265 escassos registros para espécie (Figura 1; Sp-F). Além disso, houve uma notável perda de  
266 adequabilidade também nas porções centrais da Venezuela, Colômbia e norte da Bolívia e  
267 Paraguai. Nota-se uma fragmentação da mancha de adequabilidade do cenário presente em três  
268 no futuro, todas conectadas por estreitas faixas de média adequabilidade. Se considerarmos a  
269 faixa de adequabilidade mais ao norte como sendo pertencente ao nicho da subespécie *S.*  
270 *plumbea* subs. *whiteleyana*, seu isolamento deve enfraquecer futuramente ainda mais o fluxo  
271 gênico entre as populações, impedindo uma introgressão com as demais subespécies, o que  
272 corroboraria com as previsões feitas por Repenning (2017). As populações mais ao norte  
273 apresentam menor vagilidade quando comparada as do extremo sul, isso somado a fatores como  
274 evolução de diferenças fisiológicas e barreiras geográficas (Floresta Amazônica)  
275 (REPENNING, 2017) aumentariam o distanciamento entre as subespécies atualmente descritas,  
276 podendo alimentar o atual processo de radiação adaptativa conhecido para espécie (BURNS et  
277 al., 2014; CAMPAGNA et al., 2013).

278 Aproximadamente 60% de todo o território da América do Sul se mostrou adequado  
279 para ocorrência de *Urochloa* spp. (Figura 1; Ur-P). Áreas possivelmente vulneráveis à invasão  
280 de representantes do gênero, mas com escassas ocorrências foram evidenciadas, como na  
281 Guiana, Suriname e porções no norte da Venezuela, Paraguai, Bolívia e Guiana Francesa.  
282 Apesar de a bacia amazônica se mostrar vulnerável nas condições climáticas atuais, grande  
283 parte da sua adequabilidade foi perdida no cenário futuro, contrário ao aumento intensivo do  
284 grau de adequabilidade no cenário futuro para as regiões nordeste e sudeste brasileiras. Os  
285 modelos previram uma perda de até 17% de adequabilidade no cenário futuro para *Urochloa*  
286 spp., sendo as mais evidentes no norte do subcontinente, além da Argentina e Paraguai,  
287 enquanto algumas regiões como o extremo sul do Rio Grande do Sul se mostraram ainda mais  
288 vulneráveis à invasão (Figura 1; Ur-F).

289 Quando se compara a sobreposição de áreas de adequabilidade entre as espécies de aves  
290 e braquiárias no presente, identificamos uma intensa e evidente sobreposição de  
291 aproximadamente 90% da área total de ambas as espécies (Figura 3). Para *S. beltoni* a  
292 sobreposição de áreas é ainda mais severa e além disso, as manchas mais prováveis de ocupação  
293 pela espécie no cenário futuro apresentaram sobreposição com a gramínea invasora e com  
294 registros atuais já conhecidos para as espécies do gênero. Apesar de haver uma queda de 22%

295 na sobreposição entre *S. plumbea* e *Urochloa* spp. no cenário futuro, as três principais manchas  
296 de adequabilidade mais propensas para ocupação da espécie se mostraram altamente  
297 vulneráveis à invasão das gramíneas invasoras.



**Figura 3** – Adequabilidade e área de sobreposição atual (P) e futura (F) na América do Sul para as espécies *Sporophila beltoni* (Sb), *Urochloa* spp. (Ur) e *Sporophila plumbea* (Sp). Amarelo indica presença apenas para as aves (Sb à esquerda e Sp à direita); Verde indica área adequada apenas para *Urochloa* spp.; Laranja indica a sobreposição da adequabilidade das aves com *Urochloa* spp.



#### 298 4. Considerações Finais

299 Apesar do evidente aumento de áreas de adequabilidade para *S. beltoni* nos cenários  
300 futuros, estas áreas fogem do habitat atualmente conhecido para reprodução da espécie e não  
301 são promissoras para manutenção de populações viáveis. Com isso, podemos somar as  
302 iminentes mudanças climáticas às ameaças evidentes para espécie, que já se encontra sob  
303 considerável grau de ameaça. Conhecida por uma população estável, as perdas de  
304 adequabilidade para *S. plumbea* não representam urgente ameaça quanto para *S. beltoni*.  
305 Entretanto, os modelos nos forneceram fortes evidências de que *S. plumbea* se encontra em  
306 plena adaptação e possível radiação adaptativa perante as futuras mudanças climáticas. O  
307 isolamento de nicho encontrado para *S. plumbea* no cenário futuro, pode ainda favorecer a  
308 endogamia, necessitando atualmente de um maior acompanhamento local dessas populações.  
309 As espécies de aves e gramíneas exóticas apresentaram uma alta sobreposição ( $\approx 90\%$ ) de áreas  
310 no cenário presente. Mesmo com perdas de sobreposição futuras, as áreas mais prováveis para  
311 estabelecimento das aves e de maior grau de adequabilidade, permaneceram sob potencial  
312 ameaça das gramíneas exóticas invasoras do gênero.

#### 313 Referências Bibliográficas

- 314 AIELLO-LAMMENS, M. E. et al. spThin: an R package for spatial thinning of species  
315 occurrence records for use in ecological niche models. **Ecography**, v. 38, n. 5, p. 541–545,  
316 2015.
- 317 ANDRADE, A. F. A. DE; VELAZCO, S. J. E.; DE MARCO JÚNIOR, P. ENMTML: An R  
318 package for a straightforward construction of complex ecological niche models.  
319 **Environmental Modelling & Software**, v. 125, p. 104615, 1 mar. 2020.
- 320 ARAUJO, M.; NEW, M. Ensemble forecasting of species distributions. **Trends in Ecology &**  
321 **Evolution**, v. 22, n. 1, p. 42–47, jan. 2007.
- 322 BARBET-MASSIN, M. et al. Can species distribution models really predict the expansion of  
323 invasive species? **PloS one**, v. 13, n. 3, p. e0193085, 2018.
- 324 BELLARD, C.; CASSEY, P.; BLACKBURN, T. M. Alien species as a driver of recent  
325 extinctions. **Biology Letters**, v. 12, n. 2, p. 20150623, 29 fev. 2016.
- 326 BIRDLIFE INTERNATIONAL. *Sporophila beltoni* (amended version of 2017 assessment).  
327 **The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T103818207A119211827**.
- 328 BREIMAN, L. Random forests. **Machine learning**, v. 45, n. 1, p. 5–32, 2001.
- 329 BROENNIMANN, O.; GUIGAN, A. Predicting current and future biological invasions: both  
330 native and invaded ranges matter. **Biology letters**, v. 4, n. 5, p. 585–589, 2008.
- 331 BUJA, A.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. Linear smoothers and additive models. **The Annals**  
332 **of Statistics**, v. 17, n. 2, p. 453–510, 1989.

333 BURNS, K. J. et al. Phylogenetics and diversification of tanagers (Passeriformes: Thraupidae),  
334 the largest radiation of Neotropical songbirds. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 75,  
335 p. 41–77, 2014.

336 CALLAWAY, R. M.; ASCHEHOUG, E. T. Invasive plants versus their new and old neighbors:  
337 a mechanism for exotic invasion. **Science**, v. 290, n. 5491, p. 521–523, 2000.

338 CAMPAGNA, L. et al. Identifying the sister species to the rapid capuchino seedeater radiation  
339 (Passeriformes: *Sporophila*). **The Auk**, v. 130, n. 4, p. 645–655, 2013.

340 CARPENTER, S.; BENNETT, E.; PETERSON, G. Scenarios for ecosystem services: an  
341 overview. **Ecology and Society**, v. 11, n. 1, 2006.

342 CHEPLICK, G. P. A modular approach to biomass allocation in an invasive annual  
343 (*Microstegium vimineum*; Poaceae). **American Journal of Botany**, v. 93, n. 4, p. 539–545,  
344 2006.

345 CLAVERO, M.; GARCÍA-BERTHOUS, E. Invasive species are a leading cause of animal  
346 extinctions. **Trends in ecology & evolution**, v. 20, n. 3, p. 110, 2005.

347 COLAUTTI, R. I.; MACISAAC, H. J. A neutral terminology to define ‘invasive’ species.  
348 **Diversity and distributions**, v. 10, n. 2, p. 135–141, 2004.

349 CORTES, C.; VAPNIK, V. Support-vector networks. **Machine learning**, v. 20, n. 3, p. 273–  
350 297, 1995.

351 EBIRD. **An online database of bird distribution and abundance [web application], eBird,**  
352 **Ithaca, New York.** Disponível em: <<http://www.ebird.org>>. Acesso em: 8 set. 2019.

353 FALEIRO, F. V. et al. Ring out the bells, we are being invaded! Niche conservatism in exotic  
354 populations of the Yellow Bells, *Tecoma stans* (Bignoniaceae). **Natureza & Conservação**, v.  
355 13, n. 1, p. 24–29, 2015.

356 FERDINANDS, K.; BEGGS, K.; WHITEHEAD, P. Biodiversity and invasive grass species:  
357 multiple-use or monoculture? **Wildlife Research**, v. 32, n. 5, p. 447–457, 2005.

358 FIEKER, C. Z. Uso e seleção de habitat por aves em ambientes campestres e áreas úmidas na  
359 região sul do cerrado. 2016.

360 FOODY, G. M. Impacts of imperfect reference data on the apparent accuracy of species  
361 presence–absence models and their predictions. **Global Ecology and Biogeography**, v. 20, n.  
362 3, p. 498–508, 2011.

363 FRANCHIN A.G., JULIANO R.F., K. M. F. & M.-J. O. EL C. K. O. P. S. E R.-G. V. Birds In  
364 The Tropical Savannas. **Tropical Biology and Conservation Management. Encyclopedia of**  
365 **Life Support Systems (EOLSS)**, v. x, 2008.

366 FRANCISCO, M. R. Breeding biology of the Double-collared Seedeater (*Sporophila*  
367 *caerulescens*). **The Wilson Journal of Ornithology**, v. 118, n. 1, p. 85–91, 2006.

368 GALLARDO, B. et al. Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems.  
369 **Global change biology**, v. 22, n. 1, p. 151–163, 2016.

370 GBIF.ORG. **Global Biodiversity Information Facility, Occurrence Download.** Disponível  
371 em: <<https://www.gbif.org/>>. Acesso em: 8 set. 2019.

- 372 GISIN. **Global Invasive Species Information Network**. Disponível em: <<http://gisin.org/>>.  
373 Acesso em: 8 set. 2019.
- 374 GOLDING, N.; GOLDING, M. N. Package ‘GRaF’. **Species distribution modelling using**  
375 **latent Gaussian random fields**, 2014.
- 376 GUAN, B. et al. Shifting ranges of eleven invasive alien plants in China in the face of climate  
377 change. **Ecological Informatics**, v. 55, p. 101024, 2020.
- 378 GUIBAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology.  
379 **Ecological modelling**, v. 135, n. 2–3, p. 147–186, 2000.
- 380 HASTIE, T. J.; TIBSHIRANI, R. J. Generalized additive models. **CRC Monographs on**  
381 **Statistics & Applied Probability**. New York: Chapman & Hall, 1990.
- 382 HELLMANN, J. J. et al. Five potential consequences of climate change for invasive species.  
383 **Conservation biology**, v. 22, n. 3, p. 534–543, 2008.
- 384 HIRZEL, A. H.; ARLETTAZ, R. Modeling habitat suitability for complex species distributions  
385 by environmental-distance geometric mean. **Environmental management**, v. 32, n. 5, p. 614–  
386 623, 2003.
- 387 HOBBS, R. J. **Invasive species in a changing world**. [s.l.] Island Press, 2000.
- 388 I3N BRASIL. **Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras I3N Brasil, Instituto**  
389 **Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC**. Disponível em:  
390 <<http://i3n.institutohorus.org.br/www/>>. Acesso em: 1 mar. 2020.
- 391 ICMBIO - INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE  
392 /MMA–MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira**  
393 **Ameaçada de Extinção: Volume III - Aves**. [s.l.] ICMBio/MMA Brasília, Distrito Federal,  
394 2018.
- 395 JACCARD, P. Nouvelles recherches sur la distribution florale. **Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat.**, v.  
396 44, p. 223–270, 1908.
- 397 JORDAN, N. R.; LARSON, D. L.; HUERD, S. C. Soil modification by invasive plants: effects  
398 on native and invasive species of mixed-grass prairies. **Biological Invasions**, v. 10, n. 2, p.  
399 177–190, 2008.
- 400 LAVIN, M. **Invasive species compendium**. 2016.
- 401 LEMES, P. et al. Refinando dados espaciais para a conservação da biodiversidade. **Natureza**  
402 **& Conservação**, v. 9, n. 2, p. 240–243, 2011.
- 403 LEROY, B. et al. Without quality presence–absence data, discrimination metrics such as TSS  
404 can be misleading measures of model performance. **Journal of biogeography**, v. 45, n. 9, p.  
405 1994–2002, 2018.
- 406 LIJTMAYER, D. A. et al. Molecular phylogenetics and diversification of the genus *Sporophila*  
407 (Aves: Passeriformes). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 33, n. 3, p. 562–579, 2004.
- 408 MAHALANOBIS, P. C. **On the generalized distance in statistics**. National Institute of  
409 Science of India, 1936
- 410 NAGEL, J. M. et al. CO2 enrichment reduces the energetic cost of biomass construction in an

- 411 invasive desert grass. **Ecology**, v. 85, n. 1, p. 100–106, 2004.
- 412 NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal**  
413 **Statistical Society: Series A (General)**, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972.
- 414 NIX, H. A. A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. **Atlas of elapid snakes of**  
415 **Australia: Australian flora and fauna series**, p. 4–15, 1986.
- 416 PAINI, D. R. et al. Global threat to agriculture from invasive species. **Proceedings of the**  
417 **National Academy of Sciences**, v. 113, n. 27, p. 7575–7579, 2016.
- 418 PATTISON, R. R.; GOLDSTEIN, G.; ARES, A. Growth, biomass allocation and  
419 photosynthesis of invasive and native Hawaiian rainforest species. **Oecologia**, v. 117, n. 4, p.  
420 449–459, 1998.
- 421 PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of  
422 species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3–4, p. 231–259, 2006.
- 423 PIACENTINI, V. DE Q. et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian  
424 Ornithological Records Committee/Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro  
425 de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 23, n. 2, p. 91–298, 2015.
- 426 PIMENTEL, D. et al. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe  
427 invasions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 84, n. 1, p. 1–20, 2001.
- 428 PIMENTEL, D. The economics of invasive. **Ecological Economics**, v. 52, p. 268–273, 2005.
- 429 PIVELLO, V. R.; SHIDA, C. N.; MEIRELLES, S. T. Alien grasses in Brazilian savannas: a  
430 threat to the biodiversity. **Biodiversity & Conservation**, v. 8, n. 9, p. 1281–1294, 1999.
- 431 PORTALBIO. **Portal da Biodiversidade, Sistema de Informação em Biodiversidade –**  
432 **SISBIO**. Disponível em: <<http://gisin.org/>>. Acesso em: 8 set. 2019.
- 433 RAGHU, S. et al. **Adding biofuels to the invasive species fire?** American Association for the  
434 Advancement of Science, , 2006.
- 435 REFLORA. **Herbário Virtual**. Disponível em:  
436 <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>>. Acesso em: 8 set. 2019.
- 437 REPENNING, M. **História natural, com ênfase na biologia reprodutiva, de uma população**  
438 **migratória de *Sporophila aff. plumbea* (AVES, EMBERIZIDAE) do sul do Brasil** Pontifícia  
439 Universidade Católica do Rio Grande do Sul, , 2012.
- 440 REPENNING, M. **Variação geográfica em *Sporophila* (Aves: thraupidae) com base em**  
441 **evidências fenotípicas, ecológicas e genéticas**. [s.l.] Pontifícia Universidade Católica do Rio  
442 Grande do Sul, 2017.
- 443 REPENNING, M.; FONTANA, C. S. A new species of gray seedeater (Emberizidae:  
444 *Sporophila*) from upland grasslands of southern Brazil. **The Auk**, v. 130, n. 4, p. 791–803,  
445 2013.
- 446 RIAHI, K. et al. RCP-8.5: exploring the consequence of high emission trajectories. **Climatic**  
447 **Change. doi**, v. 10, p. 1007, 2011.
- 448 RICCIARDI, A.; RYAN, R. The exponential growth of invasive species denialism. **Biological**  
449 **Invasions**, v. 20, n. 3, p. 549–553, 2018.

450 RIDGELY, R. S.; TUDOR, G. The birds of South America: the oscines passerines. **Austin,**  
451 **University of Texas**, v. 1, 1989.

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

453 SILVA, D. P. et al. Current and future ranges of an elusive North American insect using species  
454 distribution models. **Journal of Insect Conservation**, v. 23, n. 1, p. 175–186, 2019.

455 SILVA, J. M. C. Seasonal movements and conservation of seedeaters of the genus *Sporophila*  
456 in South America. **Studies in Avian Biology**, v. 19, p. 272–280, 1999.

457 SIMBERLOFF, D. et al. Impacts of biological invasions: what’s what and the way forward.  
458 **Trends in ecology & evolution**, v. 28, n. 1, p. 58–66, 2013.

459 SPECIESLINK. **Sistema de Informação Distribuído para Coleções Científicas**. Disponível  
460 em: <<http://splink.cria.org.br/>>. Acesso em: 8 set. 2019.

461 STOTZ, D. F. et al. **Neotropical birds: ecology and conservation**. [s.l.] University of Chicago  
462 Press, 1996.

463 THOMAS, A. C. et al. A system for rapid eDNA detection of aquatic invasive species.  
464 **Environmental DNA**, 2019.

465 TOBIN, P. C. Managing invasive species. **F1000Research**, v. 7, 2018.

466 TUBELIS, D. P.; CAVALCANTI, R. B. A comparison of bird communities in natural and  
467 disturbed non-wetland open habitats in the Cerrado’s central region, Brazil. **Bird Conservation**  
468 **International**, v. 10, n. 4, p. 331–350, 2000.

469 TYLIANAKIS, J. M. et al. Global change and species interactions in terrestrial ecosystems.  
470 **Ecology letters**, v. 11, n. 12, p. 1351–1363, 2008.

471 WWF. **World Wildlife Fund**. Disponível em: <<https://www.worldwildlife.org/>>. Acesso em:  
472 24 set. 2019.

473 XENO-CANTO. **Website: Compartilhando sons de aves do mundo todo**. Disponível em:  
474 <<https://www.xeno-canto.org/>>. Acesso em: 8 set. 2019.

475