

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E EVOLUÇÃO

PAULA SUELI DUARTE MONTEIRO

**PROPOSTA PARA APRIMORAR MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE TÁXONS COM
DADOS ESCASSOS**

BELÉM - PARÁ

2017

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E EVOLUÇÃO

PAULA SUELI DUARTE MONTEIRO

**PROPOSTA PARA APRIMORAR MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE TÁXONS COM
DADOS ESCASSOS**

Dissertação apresentada ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução, Área de Concentração Dinâmica da Diversidade Biológica para obtenção do Título de Mestre.

Orientadora:

Dr^a. Ana Luisa Albernaz

BELÉM - PARÁ

2017

Elaborada pela Biblioteca do Museu Paraense Emílio Goeldi
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M775 Monteiro, Paula Sueli Duarte

Proposta para aprimorar mapas de distribuição de táxons
com dados escassos / Paula Sueli Duarte Monteiro; orientação,
Ana Luisa Albermaz. – Belém, 2017.

60 f. : il.

Dissertação (mestrado em biodiversidade e evolução) –
Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2017.

1. Anfíbios – Distribuição – Bacia do Tapajós. 2. MaxEnt. 3.
Modelagem indutiva. 4. Modelagem dedutiva. I. Albermaz, Ana
Luisa, orient. II. Título.

CDD 597.609811

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
MUSEU PARAENSE EMILIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E EVOLUÇÃO

PAULA SUELI DUARTE MONTEIRO

**PROPOSTA PARA APRIMORAR MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE TÁXONS COM
DADOS ESCASSOS**

Dissertação apresentada ao Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Evolução

Aprovada em/...../.....

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Ana Luisa Albernaz – Orientadora
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr^a. Teresa Cristina S. Avila-Pires – 1^o Examinadora
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr^o. Ulisses Galatti – 2^o Examinador
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr^o. Marcelo José Sturaro – 3^o Examinador
Museu Paraense Emílio Goeldi

À Sueli Duarte, minha inspiração
profissional e de ser humano.

“Existe uma teoria que diz que, se um dia alguém descobrir exatamente para que serve o Universo e por que ele está aqui, ele desaparecerá instantaneamente e será substituído por algo ainda mais estranho e inexplicável. Existe uma segunda teoria que diz que isso já aconteceu.”

(Adams, Douglas. *O restaurante no fim do universo*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Evolução, Fundação Amazônia Paraense de Amparo à Pesquisa, FAPESPA e The Nature Conservancy Brasil por fornecer apoio e subsídios para o desenvolvimento deste estudo.

À minha orientadora Ana Albernaz pela enorme paciência, incentivo e confiança. Muito obrigada por ter me apresentado ao fantástico mundo da modelagem!!!

Ao Marinus Hoogmoedi e Ulisses Gallatti pelas contribuições, artigos e principalmente o tempo cedido. Suas contribuições foram essenciais!

Ao Marcelo Sturaro pelas dicas, incentivo e avaliação dos modelos das espécies *Chiasmocleis avilapiresae*, *Elachistocleis carvalhoi* e *Elachistocleis helianneae*.

Ao Pedro Peloso pela revisão da lista da família Microhylidae e avaliação dos modelos das espécies *Chiasmocleis avilapiresae*, *Elachistocleis carvalhoi* e *Elachistocleis helianneae*

Ao Jorge Gavina pela disposição e paciência em desmitificar o ArcGis.

A Ana Andrade pelas inúmeras dicas de trabalho, pela paciência de Jó em me aturar nos momentos de estresses, tristezas, agonias, pelo incentivo incondicional, pela torcida, por me ouvir ensaiando para a apresentação incontáveis vezes, por me acalmar, apesar de muitas das vezes fazer o contrário.... Por estar sempre ao meu lado.

Ao meu Tio Ronaldo Monteiro pela hospitalidade, apoio e incentivo.

À minha avó Maria Juraci por toda força, torcida e alegria em cada conquista minha. Uma pena a senhora não estar entre nós para vivenciar...

À minha família pelo incentivo incondicional e torcida sempre em toda a minha jornada.

Ao Rodrigo Castro, por ter me incentivado a fazer essa seleção, por indicar a Ana Albernaz (nossa, essa indicação merece um prêmio!!!), por ser meu companheiro de campo, pelas brigas e risos.

À Mel Letícia... Gratidão é pouco para descrever o apoio incondicional em todo o processo dessa árdua caminhada, desde as derrotas iniciais a vibração da primeira voz que me dava as boas novas: "Conseguiste!!! Passaste!!". Muito obrigada por ter me feito uma pessoa melhor, hoje e sempre.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	9
Lista de Figuras	10
Resumo	11
Abstract.....	12
Introdução	13
Referências	16
Artigo 1 - Proposta para aprimorar mapas de distribuição de táxons com dados escassos	18
RESUMO	18
1. INTRODUÇÃO	19
2. MÉTODOS.....	20
2.1 <i>ÁREA DE ESTUDO</i>	20
2.3 LISTA DE ESPÉCIES.....	21
2.4 <i>DADOS DE OCORRÊNCIA</i>	21
2.5 <i>VARIÁVEIS AMBIENTAIS</i>	22
2.4.1 <i>Dados climáticos</i>	22
2.4.1 <i>Dados de distância vertical à drenagem mais próxima</i>	22
2.4.2 <i>Dados de uso e cobertura da terra</i>	22
2.4 MODELAGEM	22
2.4.1 <i>Modelagem indutiva pura (MIP)</i>	22
2.4.2 <i>Modelo indutivo-dedutivo (MID)</i>	23
2.4.3 <i>Modelagem dedutiva (MD)</i>	23
2.5 <i>COMPARAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE MODELAGEM</i>	24
3. RESULTADOS	24
4. DISCUSSÃO.....	26
5. REFERÊNCIAS	27
6. Apêndice.....	48
7. Anexos.....	49

Lista de Tabelas

- Tabela 1. Lista das 16 espécies de anfíbios modeladas para a bacia do Tapajós com a área de distribuição prevista pelo algoritmo, número de variáveis selecionadas para o modelo, principais variáveis de contribuição para o ajuste do modelo e AUC de teste..... 32
- Tabela 2. Espécies de anuros da bacia do Tapajós utilizadas para aplicar a técnica de modelagem indutiva-dedutiva, suas características reprodutivas e geográficas com base na literatura (Toledo & Haddad, 2005; Lima et al., 2006; Caldwell & Shepard, 2007; Avila-Pires et al., 2010). *espécie encontrada em mata ciliar (região de Monte Alegre) – comunicação pessoal Ulisses Galatti. 33
- Tabela 3. Resultado da modelagem dedutiva (MD) para as espécies de anuros da bacia do Tapajós utilizadas no estudo em comparação a extensão de ocorrência da International Union for Conservation of Nature – IUCN. Informações sobre o ambiente e distribuição das espécies de acordo com Toledo & Haddad (2005); Lima et al. (2006); Caldwell & Shepard (2007); Avila-Pires et al. (2010)..... 38
- Tabela 4. Comparação entre os modelos indutivo puro (MIP) e modelo indutivo-dedutivo (MID). *os modelos são iguais. “Melhor modelo” – modelo que melhor representa a distribuição esperada para a espécie. “Jaccard” – índice de similaridade de Jaccard. 42
- Tabela 5. Comparação entre os modelos indutivo-dedutivo (MID) e dedutivo (MD) para as espécies analisadas de anfíbios anuros da Bacia do Tapajós. “Melhor modelo” – modelo que melhor representa a distribuição esperada para a espécie; " Jaccard " - índice de similaridade aplicado aos dois tipos de modelagem. 43

Lista de Figuras

- Figura 1. Localização e mapa de cobertura e uso da terra da bacia do rio Tapajós. Fonte: Adaptado dos dados do Terraclass 2014 e Venticinque et al. (2016)..... 44
- Figura 2. Mapas de comparação entre os modelos indutivo puro (MIP), indutivo-dedutivo (MID), extensão de ocorrência (EO) e modelo dedutivo (MD) para a espécie *Phyllomedusa vaillantii*. Legenda: (a) MIP; (b) MID; (c) EO da IUCN e (d) MD..... 45
- Figura 3. Mapas de comparação entre os modelos indutivo puro (MIP), indutivo-dedutivo (MID), extensão de ocorrência (EO) e modelo dedutivo (MD) para a espécie *Rhinella ocellata*. (a) MIP; (b) MID; (c) EO do RAN e (d) MD..... 46
- Figura 4. Mapas de comparação entre os modelos indutivo puro (MIP), indutivo-dedutivo (MID), modelo dedutivo (MD) e combinação dos modelos indutivo-dedutivo e dedutivo para a espécie *Boana wavrini*. Legenda: (a) MIP; (b) MID; (c) MD e (d) MIP + MD..... 47

Resumo

A modelagem de distribuição de espécies (MDE) é uma ferramenta amplamente utilizada para subsidiar planejamentos sistemáticos de conservação. A MDE é definida como um processamento numérico, que combina dados de ocorrência de espécies com limites de tolerâncias ambientais, construindo assim uma representação das condições ambientais requeridas pelas espécies. O método mais comum é o indutivo ou correlativo, nos quais infere-se áreas favoráveis às espécies relacionando pontos de ocorrência a variáveis ambientais. Na falta de dados mínimos para aplicar o método indutivo, uma alternativa adotada é a modelagem dedutiva, que é feita a partir de um refinamento da área de ocorrência das espécies com base em conhecimentos sobre suas tolerâncias ambientais. O presente trabalho pretende contribuir para o planejamento para a conservação da bacia do Tapajós. Seu principal objetivo é entender qual o melhor método para estimar a distribuição dos táxons em regiões com poucos dados, para assim aprimorar mapas de distribuição. Utilizamos os anfíbios anuros da bacia do Tapajós como modelo. O trabalho foi realizado em cinco etapas: modelagem indutiva preliminar para selecionar as variáveis utilizadas; modelagem indutiva; identificação e remoção dos ambientes em que o modelo indutivo previu a ocorrência, mas a espécie não tolera; elaboração de modelo dedutivo a partir das extensão de ocorrência da IUCN, e comparação entre os mapas gerados. Os modelos indutivos foram gerados com o algoritmo MaxEnt e a validação dos modelos foi feita por especialistas dos táxons analisados, que também ajudaram a desenvolver as demais fases do estudo. O refinamento dos modelos indutivos (modelo indutivo-dedutivo) se mostrou eficiente para representar a distribuição das espécies de anuros, reduzindo em até 36.2% a área de ocorrência de uma espécie na área de estudo em comparação ao modelo indutivo e os erros de comissão apresentados pelos modelos indutivos. Em alguns casos, a combinação de modelos indutivo-dedutivo e dedutivo contribuiu para reduzir erros de omissão. Em síntese, aprimorar a representação da distribuição de espécies em áreas com poucos dados exige a integração de todos os conhecimentos e técnicas disponíveis.

Palavras-chave: anfíbios, bacia do Tapajós, conservação, MaxEnt, modelagem indutiva, modelagem dedutiva.

Abstract

The species distribution modeling (SDM) is a widely used tool to support systematic conservation planning. The SDM is defined as a numerical processing, which combine species occurrence data with environmental tolerance limits, thus constructing a representation of the environmental conditions required by the species. The most common method is the inductive or correlative method, in which suitable areas for the species are inferred by combining occurrence points and environmental variables. In the absence of a minimum data set to apply the inductive method, an alternative method is the deductive modeling, which is made by a refinement occurrence area of the species based on knowledge of their environmental tolerances. The present work intends to contribute to develop strategies for the conservation planning for the Tapajós basin. Its main objective is to understand the best method to estimate the distribution for taxa with scarce data to improve their distribution maps. We used the anuran amphibians of the Tapajós basin as a model. We developed the work in five stages: preliminary inductive modeling to select the variables used; inductive modeling; identification and removal of the environments in which the inductive model predicted the occurrence, but species does not tolerate; deductive model elaboration based on the IUCN geographic range; and comparison between the maps generated. The inductive models were generated with MaxEnt algorithm and amphibian experts validated the models and helped to develop the next steps of the study. The refinement of the inductive model (inductive-deductive model) was efficient to represent the distribution of the anuran species, reducing in up to 36.2% the occurrence area of a species in comparison to the inductive model and the commission errors. In some cases, the combination of inductive-deductive and deductive models contributed to reduce omission errors. In short, a improving the representation of species distribution in areas with scarce data requires the integration of all available knowledge and techniques.

Keywords: amphibians, Tapajós basin, conservation, MaxEnt, inductive modeling, deductive modeling

Introdução

A variação de fatores abióticos dentro do ambiente natural ou alterado pode ser determinante para a distribuição dos táxons (LEWIS et al., 2017). Para os anfíbios anuros, fatores históricos, temperatura, fitofisionomia e disponibilidade de corpos hídricos são alguns exemplos de variações ambientais que podem ter influência direta na distribuição geográfica do grupo (GASCON et al., 1999; POMBAL JR; HADDAD, 2007; SIQUEIRA et al., 2011; STRÜSSMANN et al., 2000). Além dos fatores abióticos, os fatores bióticos também possuem influência, como a presença de predadores e competidores naturais ou exóticos (GASCON et al., 1999; LEACH; MONTGOMERY; REID, 2016).

O conhecimento de como as espécies se distribuem é essencial para subsidiar o planejamento sistemático de conservação (LOISELLE et al., 2003; MARGULES; PRESSEY, 2000; WILSON et al., 2011), mas ao mesmo tempo representa grande dificuldade para sua aplicação, pois informações base para estimar a distribuição dos táxons são escassas. Essas informações são particularmente escassas para os anfíbios, cuja distribuição é influenciada por características de micro-habitats (FICETOLA et al., 2014). Uma das ferramentas mais utilizadas para prever a área de ocorrência de espécies, assim como os efeitos das transformações ambientais e identificar áreas com alto risco de perda da biodiversidade em face a mudanças é a modelagem de distribuição de espécies (MDE).

A MDE é definida como um processamento numérico computacional que combina dados de ocorrência com limites de tolerâncias ambientais, construindo assim uma representação das condições ambientais requeridas pelas espécies (FRANKLIN, 2010). O método mais comum é o correlativo ou indutivo, o qual busca as áreas de tolerância a fatores ambientais por meio a combinação de condições ambientais similares àquelas encontradas nos locais de ocorrência reais das espécies, obtidas em pontos de ocorrência registrada (GAHEGAN, 2003). Na falta de dados mínimos para aplicar o método indutivo, uma alternativa adotada é a modelagem dedutiva (RONDININI et al., 2006). Nos modelos dedutivos a distribuição das espécies gera é inferida a partir da estimativa de uma probabilidade de ocorrência contínua, baseada em uma combinação de variáveis, mas por meio da retirada de locais em que a espécie não ocorre a partir de uma área de ocorrência estimada geralmente por especialistas. No entanto, a técnica é capaz de mostrar de uma forma refinada, a ocorrência ou ausência dos organismos em um ambiente de acordo com conhecimentos prévios sobre a espécie (RONDININI et al., 2006).

O uso de informações adequadas e a interpretação correta dos resultados obtidos pela modelagem têm implicações diretas sobre a efetividade do planejamento para a conservação. Dessa forma, é de suma importância que seja feito algum tipo de validação dos modelos (CAYUELA et al., 2009; PETERSON, 2011). Como quase sempre os dados para validação são escassos, uma alternativa é a consulta de especialistas na área para a interpretação e validação dos resultados obtidos (BOITANI et al., 2011; CAYUELA et al., 2009; RONDININI; STUART; BOITANI, 2005).

Dentro dessa perspectiva, a bacia hidrográfica do rio Tapajós representa 7% da bacia amazônica e possui grande relevância ecológica, cênica e cultural (SILVA; RYLANDS; FONSECA, 2005; WCS, 2017). Sua área está sofrendo mudanças ambientais provenientes de atividades de agricultura, exploração florestal, mineração e com planos para a implantação de novos projetos de infraestrutura que preveem a construção de usinas hidrelétricas, estradas e ferrovias (FEARNSIDE, 2015a), entre as quais estão o asfaltamento da rodovia BR-163 e a conclusão de um porto graneleiro em Itaituba. Essas obras deverão causar grandes impactos sociais e ambientais (FEARNSIDE, 2015b), o que leva à necessidade de criação um plano de ações integradas para minimizar ou mitigar seus efeitos.

A bacia do Tapajós possui 20 Unidades de conservação de uso sustentável (13,6% da bacia) e 09 de proteção integral (8,1% da bacia), além de 30 terras indígenas (17,9% da bacia) (WWF, 2016). Contudo, apesar do vasto número de Áreas Protegidas no território da bacia, UC's como o Parque Nacional da Amazônia (PARNA), as Florestas Nacionais de Itaituba I e II, Crepori e Área de Proteção Ambiental do Tapajós sofreram redução em sua extensão de acordo com a lei nº 12.678, para a construção de usinas hidrelétricas (PACK et al., 2016). Discussões recentes levaram os limites do Parque Nacional do Jamanxim a serem também alterados e a sua área reduzida (lei nº 13.452).

Um dos possíveis tipos de ação para minimizar o efeito dessas transformações é a definição de novas áreas protegidas ou ampliação das já existentes dentro da bacia. No entanto, para isso é necessária a melhor informação possível sobre a distribuição espacial das espécies, que associada a outras informações, como impactos e aceitação social, ajudarão a compor um planejamento robusto para a área. O conhecimento acerca da distribuição dos anfíbios é um dos primeiros passos para traçar metas para o planejamento para a conservação da bacia do Tapajós.

Nesse sentido, o presente estudo é direcionado para a seguinte problemática: Como aprimorar os conhecimentos sobre a distribuição de espécies para usar essa informação no planejamento para a conservação?

O trabalho pretende contribuir para desenvolver estratégias para a conservação da bacia do Tapajós, e seu principal objetivo é entender qual o melhor método para estimar a distribuição dos táxons em regiões com poucos dados, para assim aprimorar mapas de distribuição.

Referências

- BOITANI, L. et al. What spatial data do we need to develop global mammal conservation strategies? **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1578, p. 2623–2632, 2011.
- CAYUELA, L. et al. Species distribution modeling in the tropics: problems, potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. **Tropical Conservation Science**, v. 2, n. 3, p. 319–352, 2009.
- FEARNSIDE, P. M. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras. **Manaus: Editora do INPA**, v. 1, p. 296, 2015a.
- FEARNSIDE, P. M. Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans. **Ambio**, v. 44, n. 5, p. 426–439, set. 2015b.
- FICETOLA, G. F. et al. An evaluation of the robustness of global amphibian range maps. **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 2, p. 211–221, fev. 2014.
- FRANKLIN, J. **Mapping species distributions: spatial inference and prediction**. Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2010.
- GAHEGAN, M. Is inductive machine learning just another wild goose (or might it lay the golden egg)? **International Journal of Geographical Information Science**, v. 17, n. 1, p. 69–92, 2003.
- GASCON, C. et al. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. **Biological conservation**, v. 91, n. 2, p. 223–229, 1999.
- LEACH, K.; MONTGOMERY, W. I.; REID, N. Modelling the influence of biotic factors on species distribution patterns. **Ecological Modelling**, v. 337, p. 96–106, out. 2016.
- LEWIS, J. S. et al. Biotic and abiotic factors predicting the global distribution and population density of an invasive large mammal. **Scientific Reports**, v. 7, p. 44152, 9 mar. 2017.
- LOISELLE, B. A. et al. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. **Conservation biology**, v. 17, n. 6, p. 1591–1600, 2003.
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243, 2000.
- PACK, S. M. et al. Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) in the Amazon. **Biological Conservation**, v. 197, p. 32–39, maio 2016.
- PETERSON, A. T. **Ecological niches and geographic distributions (MPB-49)**. [s.l.] Princeton University Press, 2011.
- POMBAL JR, J. P.; HADDAD, C. F. B. Estratégias e modos reprodutivos em anuros. Pg. 101-116. **Herpetologia no Brasil II. Soc. Bras. Herpetologia-SBH. 354pp**, 2007.
- RONDININI, C. et al. Tradeoffs of different types of species occurrence data for use in systematic conservation planning: Species data for conservation planning. **Ecology Letters**, v. 9, n. 10, p. 1136–1145, out. 2006.

- RONDININI, C.; STUART, S.; BOITANI, L. Habitat Suitability Models and the Shortfall in Conservation Planning for African Vertebrates. **Conservation Biology**, v. 19, n. 5, p. 1488–1497, out. 2005.
- SILVA, J. M. C.; RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. 2005.
- SIQUEIRA, C. C. et al. Anurans from two high-elevation areas of Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **Zoologia (Curitiba)**, v. 28, n. 4, p. 457–464, ago. 2011.
- STRÜSSMANN, C. et al. Levantamento de anfíbios e répteis de localidades selecionadas na porção sul da planície alagada do Pantanal e Cerrado do entorno, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Uma avaliação ecológica dos ecossistemas aquáticos do Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil (PW Willink, B. Chernoff, LE Alonso, JR Montambault & R. Lourival, eds.)**. Conservation International. Washington, DC, p. 219–223, 2000.
- WCS. **Tapajós**. Disponível em: <<http://pt.aguasamazonicas.org/bacias/principais-sub-bacias/tapajos/>>. Acesso em: 11 nov. 2017.
- WILSON, K. A. et al. Prioritizing conservation investments for mammal species globally. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1578, p. 2670–2680, 27 set. 2011.
- WWF Brasil. Uma visão de conservação para a bacia do Tapajós. Brasília, 28p, 2016.

1 **Artigo 1 - Proposta para aprimorar mapas de distribuição de táxons com dados escassos**
 2 (O Artigo está de acordo com as Normas Editoriais do periódico Diversity and Distributions)

3 Paula Sueli Duarte Monteiro ^{a,b}* & Ana Luisa Kerti Mangabeira Albernaz ^b

4 a. Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Evolução, Museu Paraense Emílio Goeldi,
 5 Pará, Brasil.

6 b. Museu Paraense Emilio Goeldi, Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia, Av. Perimetral
 7 1901, Belém, PA, CEP 66077-830, Brasil.

8 * autor correspondente: Endereço: Museu Paraense Emilio Goeldi, Coordenação de Ciências da
 9 Terra e Ecologia, C.P. 399, Belém, PA, CEP 6617-970, Brasil. Tel.: +55 9 8482 8080.

10 E-mail: pauladuarte@museu-goeldi.br ou supauli@gmail.com (P. S. D. Monteiro),
 11 anakma@museu-goeldi.br (A. L. Albernaz).

12

13 **AGRADECIMENTOS**

14 Agradecemos ao Dr. Marinus Hoogmoed e Dr. Ulisses Galatti pela revisão da lista de
 15 espécies pertencentes à bacia do Tapajós e validação dos modelos gerados. Agradecemos também
 16 ao Programa de Pós Graduação em Biodiversidade e Evolução, Fundação Amazônia Paraense de
 17 Amparo à Pesquisa - FAPESPA e The Nature Conservancy Brasil por fornecer apoio e subsídios
 18 para o desenvolvimento deste estudo.

19

20 **RESUMO**

21 O conhecimento de como as espécies se distribuem é fundamental para definir ações para apoiar
 22 sua proteção e conservação. Duas abordagens são possíveis para ajudar a aprimorar esse
 23 conhecimento: a modelagem indutiva, que utiliza algoritmos que “aprendem” indutivamente a
 24 partir de combinações entre pontos de ocorrência e camadas ambientais; e a modelagem dedutiva,
 25 que é feita à partir de um refinamento da área de ocorrência das espécies com base em suas
 26 tolerâncias ambientais. O objetivo desse estudo foi entender qual o melhor método para
 27 aprimorar mapas de distribuição de táxons com dados escassos. Concentramos nossas análises
 28 nos anfíbios anuros da bacia do Tapajós, Brasil. O trabalho foi realizado em cinco etapas:
 29 modelagem indutiva preliminar para selecionar as variáveis utilizadas; modelagem indutiva;
 30 identificação e remoção dos ambientes em que o modelo indutivo previu a ocorrência, mas a
 31 espécie não tolera; elaboração de modelo dedutivo a partir da extensão de ocorrência da IUCN ou
 32 RAN e comparação entre os mapas obtidos. Os modelos indutivos foram gerados com o
 33 algoritmo MaxEnt e a validação dos modelos foi feita por especialistas dos táxons analisados. O
 34 refinamento dos modelos indutivos, com a aplicação de um modelo indutivo-dedutivo, se
 35 mostrou eficiente para representar a distribuição das espécies de anuros, reduzindo em até 36.2%
 36 a área de ocorrência de uma espécie na área de estudo em comparação ao modelo indutivo.
 37 Utilizar apenas um método para inferir a área de distribuição de anfíbios tem importantes
 38 implicações para representar sua área de distribuição e aplicar políticas de conservação, pois
 39 erros de omissão ou comissão podem levar a propostas equivocadas. Sugerimos a integração de
 40 modelos indutivos e dedutivos para reduzir pelo menos parte dos erros de comissão apresentados

41 pelos modelos indutivos. Em síntese, a busca da melhor representação da distribuição de espécies
42 em áreas com poucos dados exige a integração de todos os conhecimentos e técnicas disponíveis.

43 Palavras-chave: anfíbios anuros, bacia do Tapajós, distribuição de espécies, erro de comissão,
44 erro de omissão, MaxEnt, modelagem, modelo dedutivo, validação informal.

45 1. INTRODUÇÃO

46 O conhecimento sobre os padrões de distribuição da biodiversidade no neotrópico ainda é
47 incompleto, mesmo para os táxons mais estudados como aves e mamíferos (Lewinsohn & Prado,
48 2005; Ficetola et al., 2014). Não obstante, a fragmentação da paisagem, decorrente da degradação
49 dos ambientes naturais, e as mudanças climáticas, demandam cada vez mais ferramentas de
50 análises para aprofundar ou adquirir o conhecimento sobre a distribuição das espécies e assim
51 definir ações para apoiar sua proteção e conservação (Franklin, 2010)

52 A disponibilidade de bancos de dados com informações espaciais sobre a distribuição das
53 espécies (ex.: Global Biodiversity Information Facility - GBIF e SpeciesLink) e o aprimoramento
54 de softwares SIG criaram oportunidades para abordagens sistemáticas de conservação e gestão da
55 biodiversidade, que podem fazer uso de técnicas de modelagem da distribuição de espécies
56 (Margules & Pressey, 2000; Loiselle et al., 2003; Wilson et al., 2011). A modelagem da
57 distribuição de espécies (MDE) é definida como uma sequência de processamentos estatísticos
58 que combinam dados de ocorrência com ambientais, com o objetivo de estimar limites de
59 tolerância e assim construir espacialmente uma representação das condições ambientais
60 requeridas pelas espécies (Franklin, 2010). O método mais comum é o indutivo ou de
61 aprendizagem mecânica, que utiliza algoritmos que “aprendem” indutivamente a partir das regras
62 utilizadas para a calibração, com base nos dados de treinamento (calibração do modelo) junto às
63 camadas ambientais, e representam espacialmente a espécie modelada (Gahegan, 2003;
64 Rondinini et al., 2006).

65 Devido à escassez de dados de ocorrência, que impossibilita ou reduz a eficiência da
66 modelagem para algumas espécies, outra estratégia adotada é a utilização de modelos dedutivos.
67 Neste método o modelo é feito com um refinamento da área de ocorrência conhecida da espécie,
68 excluindo os habitats não adequados para a espécie com base em dados ambientais (ex.:
69 vegetação, elevação e uso da terra) (Rondinini et al., 2006). Para aplicar a técnica, é necessário
70 ter uma estimativa da área de ocorrência, conhecimentos prévios sobre o uso de habitats pelo
71 táxon e, idealmente, pontos de ocorrência para fazer a validação das áreas definidas (Rondinini et
72 al., 2006).

73 Além da pequena disponibilidade de dados, para determinados táxons algumas vezes há
74 também problemas com a qualidade dos dados (Dormann, 2007; Cayuela et al., 2009). Anfíbios,
75 por exemplo, é um grupo com poucas informações disponíveis em comparação com outros
76 vertebrados. Além disso, o grupo apresenta dificuldade para aplicar técnicas de modelagem por
77 responder a variáveis locais e em escalas mais finas (Ficetola *et al.*, 2013). Contudo, essas
78 informações normalmente não estão disponíveis (Rondinini et al., 2011).

79 Estudos comparativos para avaliar a eficácia de métodos visando prever a distribuição das
80 espécies foram feitos para várias aplicações e em diferentes escalas. Cayuela et al. (2009), por
81 exemplo, avaliaram as limitações dos MDE nos tópicos como ferramenta para a conservação.
82 Concluíram que para áreas com poucos dados disponíveis, a validação informal feita com base no
83 julgamento especializado é mais indicada porque supre lacunas de conhecimento sobre a história

84 de vida das espécies, não informada em bancos de dados, além de controlar possíveis erros de
 85 posicionamento geográfico e de comissão (Guisan et al., 2013). Já Rondinini et al. (2011)
 86 avaliaram a melhor resolução para estimar modelos de adequação de habitats para mamíferos à
 87 partir dos mapas de extensão de ocorrência (EO) da International Union for Conservation of
 88 Nature – IUCN, e demonstraram que modelos dedutivos com resolução fina são mais adequados
 89 para estimar a área de distribuição dos mamíferos. De forma semelhante Di Marco et al. (2017)
 90 chegaram a mesma conclusão comparando a eficácia dos modelos de adequação de habitat
 91 (dedutivos) do mesmo grupo com a EO (IUCN) para avaliar a cobertura das espécies em áreas
 92 protegidas. Ficetola et al. (2013) investigaram a eficácia de extensão de ocorrência (EO) de
 93 anfíbios disponibilizadas pela IUCN em comparação a pontos de ocorrência, tanto básicos como
 94 qualificados, indicando a necessidade da atualização contínua para a melhoria de mapas de
 95 anfíbios, em particular na América do Sul e Ásia tropical.

96 Até o momento, já foram reconhecidas no Brasil 1080 espécies de anfíbios, das quais
 97 1039 são de anuros (Segalla et al., 2016). No entanto, para grande parte das espécies não tem
 98 informações, ou as bases de dados digitais possuem erros de georreferenciamento ou
 99 taxonômicos. Na Amazônia brasileira, o grupo está representado por 309 espécies (Hoogmoed &
 100 Galatti, 2017). Nas últimas décadas, a elaboração de uma lista de espécies ameaçadas de anfíbios
 101 no âmbito federal (ICMBio, 2016) indica espécies ameaçadas no nível nacional. Contudo,
 102 espécies regionalmente ameaçadas não necessariamente estão ameaçadas a nível nacional ou
 103 global (ex.: *Rhinella ocellata* – lista de espécies ameaçadas do estado do Pará, Brasil) e grande
 104 parte das espécies listadas está classificada na categoria de “dados insuficientes” (IUCN, 2017).

105 Apesar do crescente número de estudos acerca de aprimoramentos de mapas de
 106 distribuição de espécies, estudos com avaliação da robustez de mapas para grupos com poucos
 107 dados, como os anfíbios, ainda são insuficientes. Nesse contexto, objetivamos analisar e
 108 desenvolver metodologias para aprimorar mapas de distribuição de grupos com pouca
 109 disponibilidade de dados, utilizando como modelo os anfíbios anuros da bacia do Tapajós, Brasil.
 110 Para tanto, primeiro identificamos quais espécies de anuros ocorrem na bacia do Tapajós e
 111 selecionamos as espécies com informações mínimas para permitir gerar modelos e realizar
 112 análises para refinar os mapas gerados.

113 O trabalho foi realizado em cinco etapas: i) modelagem preliminar para selecionar as
 114 variáveis que mais contribuem no ajuste do modelo indutivo; ii) modelagem indutiva pura; iii)
 115 refinamento do modelo indutivo por meio da identificação e remoção dos ambientes incluídos
 116 mas que a espécie não tolera (com base em tipo de vegetação, uso da terra, etc.); iv) elaboração
 117 de modelo dedutivo a partir dos mapas de extensão de ocorrência da IUCN ou à partir dos dados
 118 do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios – RAN; e v) comparação e
 119 seleção do mapa que melhor representa a distribuição da espécie. A escolha dos modelos que
 120 melhor representam a distribuição de cada espécie foi feita por validação informal com consulta a
 121 especialistas de anfíbios do Museu Paraense Emílio Goeldi. Para os modelos dedutivos, além da
 122 validação informal, fizemos também a validação formal com os dados de pontos de ocorrência.

123 2. MÉTODOS

124 2.1 ÁREA DE ESTUDO

125 A bacia do rio Tapajós ocupa parte dos estados do Pará, Mato Grosso, Amazonas e
 126 Rondônia, com uma área de cerca de 49,3 milhões de hectares, que corresponde a
 127 aproximadamente 7% da bacia amazônica (Fig.1). Contempla fitofisionomias dos biomas

128 Amazônia e Cerrado, apresenta uma paisagem variada com alta biodiversidade e grande número
129 de espécies endêmicas. A delimitação da Bacia do Tapajós utilizada neste estudo é a da base de
130 dados de Venticinque et al. (2016).

131 Ao longo da bacia há uma mudança gradativa nas fitofisionomias, ao norte é parte do
132 bioma amazônico, com a predominância de florestas ombrófilas densas e abertas, com enclaves
133 de florestas estacionais, savanas e capinaranas, além de áreas de tensão ecológica. Ao sul, estão
134 presentes as vegetações do Cerrado, em que predominam áreas de savana parque e savana
135 arborizada, com áreas de transição com florestas estacionais, florestas ombrófilas e áreas
136 altamente antropizadas (IBGE, 2012). As regiões serranas como a Serra do Cachimbo, a Serra do
137 Caiabis e a Serra do Tombador são drenadas pelos rios Juruena e Teles Pires, afluentes do
138 Tapajós. A altitude da região varia de 800 m nas nascentes do rio Juruena e Teles Pires a 7 m
139 acima do nível do mar, junto a foz do Rio Amazonas (ANA, 2011).

140 A precipitação média anual varia de 1474 mm a 2512 mm. A porção sul apresenta os
141 menores valores, enquanto os maiores são registrados entre Itaituba e Novo Progresso (dos
142 Santos et al., 2015). A região possui duas estações: seca, com duração de quatro a cinco meses; e
143 chuvosa, que tem início em dezembro e finaliza em maio ou junho. O pico de inundações do
144 médio e alto Tapajós ocorre geralmente em março e no baixo Tapajós em junho. Essa diferença
145 nos períodos de alagamento nos trechos do rio é explicada porque o nível da água próximo à boca
146 é controlado pelo rio Amazonas, enquanto no alto curso do rio é relacionado às chuvas (Goulding
147 et al., 2003).

148 2.3 LISTA DE ESPÉCIES

149 Com base na lista de espécies que ocorrem na região, escolhemos 16 espécies de
150 anfíbios anuros que não possuem distribuição muito ampla (>70%) ou pontual (<10%) na bacia
151 do Tapajós. Em seguida, analisamos critérios como preferência específica por habitats (ex.:
152 florestal ou áreas abertas); desenvolvimento larval em riacho; exploração comercial (pet) e
153 sensibilidade a perturbações antrópicas, que fazem com que sejam mais suscetíveis a mudanças
154 (Neckel-Oliveira et al., 2013). Usamos essas informações para, classificar a tolerância das
155 espécies às diferentes classes de uso e cobertura da terra. As espécies também foram escolhidas
156 com base na disponibilidade de pontos de ocorrência suficientes para gerar modelos com
157 confiabilidade razoável.

158 2.4 DADOS DE OCORRÊNCIA

159 Obtivemos os pontos de ocorrência de três fontes principais: Global Biodiversity
160 Information Facility (GBIF); SpeciesLink e dados de coleções de museus que não dispõem de
161 bases de dados digitais, compilados pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis
162 e Anfíbios (RAN). As coordenadas geográficas foram convertidas para uma mesma unidade
163 (coordenadas geográficas em graus decimais, Datum WGS84) e inseridas em um banco de dados
164 único. Após verificação de erros de posicionamento geográfico, em SIG no ArcGis 10.4, os
165 dados foram convertidos para o formato de texto para utilização na modelagem. Verificamos
166 também a confiabilidade dos dados com base na literatura e em conjunto com especialistas de
167 anfíbios do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG. As informações duvidosas foram excluídas
168 da análise (ex.: coordenadas de sedes municipais ou de coleções). Os pontos de ocorrência
169 utilizados incluíram toda a área de distribuição da espécie e não apenas a área da bacia do
170 Tapajós.

171 2.5 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

172 Para a predição da área de distribuição dos anfíbios, utilizamos: i) *dados climáticos*, visto
 173 que a distribuição geográfica das espécies de anuros é amplamente afetada pela temperatura e
 174 umidade (Vasconcelos & Rossa-Feres, 2005; Cassemiro et al., 2012); ii) *Dados de distância*
 175 *vertical à drenagem mais próxima*, pois a disponibilidade de corpos hídricos influencia na
 176 distribuição deste grupo, uma vez que quando há uma redução na disponibilidade de água, as
 177 espécies de anfíbios que dependem de ambientes aquáticos para depositar ovos entram em
 178 declínio (Pombal Jr & Haddad, 2007; Siqueira et al., 2011); e iii) *Dados de uso e cobertura da*
 179 *terra*, para ajustar os modelos para uma distribuição mais próxima da esperada das espécies,
 180 eliminando áreas desmatadas, antropizadas e classes de vegetação não toleradas pelas espécies.

181 2.4.1 *Dados climáticos*

182 Dependendo da espécie, utilizamos algumas ou as 19 camadas bioclimáticas
 183 disponibilizadas pela base WorldClim versão 1.4 (<http://www.worldclim.org/>) como preditoras.
 184 As variáveis bioclimáticas resultam de técnicas de modelagem de dados climáticos globais,
 185 constituídas por meio de interpolação da média mensal dos parâmetros (precipitação, temperatura
 186 mínima e máxima) ao longo de 30 anos (1960-1990) e agrupadas em camadas com valores
 187 compostos (Hijmans et al., 2005). Utilizamos a base de dados com resolução espacial de 30 arc-
 188 segundos, que corresponde a cerca de 1 km². Devido à pequena variação ambiental na região,
 189 essa resolução não é muito sensível a pequenos erros de posicionamento dos dados de ocorrência.

190 2.4.1 *Dados de distância vertical à drenagem mais próxima*

191 Utilizamos ainda os dados da distância vertical à drenagem mais próxima (HAND) da
 192 base Ambdata/INPE (<http://www.dpi.inpe.br/Ambdata/download.php>), também com resolução
 193 espacial de 30 arc-segundos. Esta variável refere-se ao desnível e está relacionada indiretamente
 194 com a profundidade do lençol freático, que, por sua vez, indica a disponibilidade da água no solo
 195 (Rennó et al., 2008).

196 2.4.2 *Dados de uso e cobertura da terra*

197 Os dados de uso da terra utilizados foram baseados na versão mais atual disponível do
 198 TerraClass / INPE, ano base 2014. Para fazer a delimitação dos biomas amazônico e cerrado,
 199 utilizamos o limite do polígono (em shapefile) dos dados da Amazônia e Cerrado fornecidos pelo
 200 IBGE, ano base 2002.

201 As classes de cobertura e uso da terra utilizadas foram de acordo com Almeida et al.
 202 (2016) (Fig.1), com algumas ressalvas: i) as classes “Outros” e “área não observada” foram
 203 agrupadas; ii) após a análise da imagem, a classe “não floresta” foi renomeada como *savana*; iii)
 204 as classes “mosaico de ocupações”, “pasto limpo”, “pasto sujo”, “regeneração com pasto”, “pasto
 205 com solo exposto”, “área urbana” e “mineração” foram agrupadas como *antrópico*; iv) a classe
 206 “floresta” foi dividida em *floresta amazônica* e *floresta cerrado*; e v) a classe “vegetação
 207 secundária” foi dividida em *vegetação secundária amazônica* e *vegetação secundária cerrado*.

208 2.4 MODELAGEM

209 2.4.1 *Modelagem indutiva pura (MIP)*

210 Para gerar os modelos utilizamos o algoritmo Maximum Entropy Modeling (Maxent)
 211 versão 3.3.3e (Phillips et al., 2006). Foi feita uma modelagem preliminar para indicar quais

212 variáveis ambientais seriam utilizadas nos modelos de distribuição dos táxons. Nesta fase,
 213 fizemos modelos com 10 réplicas e utilizamos todas as variáveis para cada espécie. Em seguida
 214 avaliamos a contribuição de cada variável para o ajuste do modelo. A decisão e avaliação das
 215 variáveis que permaneceram na análise foram baseadas também no conhecimento biológico sobre
 216 cada espécie e algumas variáveis que podem ter um papel fisiológico que possa limitar sua
 217 distribuição foram mantidas, mesmo que sua contribuição não tenha sido tão alta (Peterson,
 218 2011). Esta etapa foi feita para eliminar variáveis correlacionadas, e assim, evitar modelos mais
 219 complexos que o necessário. Fizemos testes com as variáveis selecionadas e buscamos obter um
 220 valor da “Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve” (AUC) acima de 0,75 (Elith
 221 et al., 2006).

222 Para a modelagem das espécies *Scinax fuscomarginatus* e *Trachycephalus resinifictrix*,
 223 fez-se necessária a utilização das 19 camadas bioclimáticas junto a variável HAND, pois apesar
 224 da correlação de algumas variáveis, o ajuste dos modelos (avaliado pelo ajuste dos dados de
 225 teste) piorou sem a inclusão de todas elas.

226 Após a fase preliminar, os modelos foram replicados 30 vezes com o método “bootstrap”,
 227 com 75% dos pontos escolhidos aleatoriamente para treino e 25% para teste. Utilizamos a
 228 América do Sul como “background” para captar todos os possíveis ambientes onde a espécie está
 229 presente, em virtude da pouca disponibilidade de dados e posteriormente fizemos um corte para a
 230 bacia do Tapajós. Avaliamos os modelos utilizando a AUC.

231 As hipóteses preditivas geradas foram submetidas à definição do limiar de probabilidade
 232 em que a espécie deva ser considerada presente e foi avaliado se todas as áreas de provável
 233 ocorrência são acessíveis à espécie. Estas etapas foram feitas com a colaboração de especialistas.
 234 Antes da consulta a eles, fizemos algumas reclassificações prévias (conversão da superfície de
 235 probabilidade para mapas binários de presença e ausência) com base nos resultados dos modelos,
 236 fundamentadas em três tipos de limiares definidos na literatura: o “Least presence treshold”
 237 (LPT), “10 percentile training presence” e o balanço entre sensibilidade e especificidade
 238 (Fielding & Bell, 1997; Liu et al., 2005; Pearson, 2007). Os dois primeiros desses métodos em
 239 geral levam a mapas mais inclusivos, enquanto o último em geral é um pouco mais restritivo
 240 quanto à área de ocorrência. Estes três mapas, junto com o original de probabilidades, foram
 241 apresentados aos especialistas, para que eles indicassem qual a área de ocorrência mais plausível
 242 para cada espécie.

243 2.4.2 Modelo indutivo-dedutivo (MID)

244 Para minimizar os possíveis erros de comissão, utilizamos os dados de uso e cobertura da
 245 terra para fazer um refinamento dos mapas gerados. Nesta fase, retiramos áreas desflorestadas,
 246 alteradas por ações antrópicas e classes de vegetação não adequadas, mas incluídas entre as
 247 previstas como favoráveis pelo modelo resultante do MaxEnt. Essa etapa também foi
 248 acompanhada pelos especialistas.

249 Para isso, os MIP já convertidos em binários foram reamostrados pelo método do vizinho
 250 mais próximo, para deixá-los na mesma resolução do dado de uso da terra (30,0911 x 30,0911m)
 251 e permitir operações entre as duas fontes de informação (MIP e uso da terra).

252 2.4.3 Modelagem dedutiva (MD)

253 Fizemos modelos dedutivos (MDs) em três principais etapas: i) organização dos dados de
 254 distribuição geográfica dos anfíbios da IUCN ou RAN (ver material suplementar) e de cobertura
 255 da terra em formato shapefile ESRI; ii) tratamento dos dados (corte da bacia do Tapajós e retirada
 256 de classes de vegetação não adequadas incluídas na área de ocorrência prevista) e iii) validação
 257 (utilizamos os pontos de ocorrência disponíveis e o método informal, segundo Cayuela *et*
 258 *al.*, 2009). Desenvolvemos todo o processo utilizando as ferramentas do software ArcGis 10.4.

259 2.5 COMPARAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE MODELAGEM

260 Com o apoio dos especialistas, primeiro foram comparados os MIP com os MID e depois
 261 da escolha do melhor mapa entre eles, comparamos com o mapa resultante do modelo dedutivo
 262 (MD). Para isso, além da validação informal foi utilizado o índice de Jaccard, visando estimar
 263 quão similares eram os mapas gerados semelhanças entre as áreas de distribuição previstas.

264 Calculamos o índice de Jaccard em planilha (software Excel). Para isso, primeiro foram
 265 calculadas as quantidades de áreas previstas pelos dois modelos e as previstas por apenas um
 266 deles. Em seguida, os especialistas analisaram as diferenças entre os mapas e avaliaram se um
 267 deles poderia ser considerado melhor, ou uma combinação dos dois refletiria melhor a
 268 distribuição da espécie (combinações possíveis: MIP + MD ou MID + MD). No caso das espécies
 269 em que a combinação dos mapas resultantes dos dois tipos de modelagem foi indicada melhor
 270 para representar a sua distribuição, fizemos a soma dos mapas. Consideramos como áreas de
 271 presença (1) as áreas previstas pelos dois modelos e por apenas um deles, e como ausente (0) a
 272 área que nenhum dos modelos previu.

273 3. RESULTADOS

274 Modelos indutivos puros - MIP

275 Nossos resultados para o modelo indutivo puro mostram que *Phyllomedusa vaillantii* foi a
 276 espécie que apresentou maior área de ocupação da bacia (99.34%) (Fig.2), seguida de
 277 *Proceratophrys concavitypanum* (78.01%) e *Boana albopunctata* (62.72%). Em contrapartida,
 278 as que apresentaram uma pequena proporção de ocupação foram espécies como *Ameerega*
 279 *hahneli* (16.48%) e *Trachycephalus resinifictrix* (20.67%). A variável bio14 (“Precipitation of
 280 Driest Month”) foi a que mais contribuiu para o ajuste dos modelos para 6 das espécies
 281 analisadas (Tabela 1).

282 Modelos indutivo-dedutivo (MID)

283 As classes de uso e cobertura da terra foram removidas com base nos requerimentos
 284 ambientais das espécies e sua tolerância aos diferentes tipos de vegetação e alterações
 285 antropogênicas (Tabela 2). A espécie que apresentou maior área de ocupação na bacia foi
 286 *Phyllomedusa vaillantii* (63.07%), seguida por *Boana albopunctata* (62.60%) e *Proceratophrys*
 287 *concavitypanum* (41.48%). *Trachycephalus resinifictrix* apresentou menor área de ocupação da
 288 bacia (13.29%).

289 Modelos dedutivos

290 Para os modelos dedutivos, a espécie que apresentou maior área de distribuição foi *Boana*
 291 *albopunctata*, com proporção de distribuição de 58.01% da bacia, seguida por *Scinax boesemani*
 292 (52.98%) e *Phyllomedusa vaillantii* (52.35%). *Leptodactylus longirostris* apresentou menor área
 293 de distribuição, com 9.54% (Tabela 3).

294 Comparamos a extensão de ocorrência (EO) do mapa da IUCN ou RAN com a incluída
 295 pelos modelos dedutivos e encontramos grandes diferenças no tamanho da área predita pelos dois
 296 mapas. Para *Rhinella ocellata*, por exemplo, a EO (RAN) incluíram áreas com vegetação não
 297 tolerada pela espécie, que ocuparam 58.36% da bacia, enquanto no modelo dedutivo a área
 298 estimada correspondeu a 15.69% (Fig.3). De forma semelhante, a espécie *Scinax*
 299 *fuscomarginatus* apresentou proporção de distribuição de 52.53% na bacia no polígono da IUCN
 300 e 21.09% no modelo dedutivo (Tabela 3). A validação com pontos indicou um erro de omissão
 301 para cada uma das duas espécies florestais: *Allophryne ruthveni* e *Proceratophrys*
 302 *conconvitympanum*.

303 *Modelo indutivo puro (MIP) x Modelo indutivo-dedutivo (MID)*

304 Na comparação entre os modelos indutivos puros (MIP) com os modelos indutivos-
 305 dedutivos (MID) a similaridade entre os modelos (Jaccard) foi próxima ou acima de 0.6 para a
 306 maioria das espécies. Apenas *Rhinella ocellata* apresentou baixa similaridade entre os modelos
 307 (Tabela 4). Para a espécie em questão, detectamos que as áreas preditas pelo modelo refinado
 308 com as classes de uso da terra do Terraclass, em que as áreas florestais e antrópicas foram
 309 retiradas, representa melhor a área de distribuição da espécie (Fig.3).

310 Apesar da alta similaridade entre os modelos, os especialistas consideram que o MID
 311 reflete melhor a distribuição esperada para quase todas as espécies analisadas, sendo a espécie
 312 *Boana albopunctata* exceção, já que os mapas resultantes dos dois modelos foram exatamente
 313 iguais (Jaccard = 1). As espécies *Phyllomedusa vaillantii* e *Proceratophrys conconvitympanum*,
 314 por exemplo, apresentavam 99.34% e 78.01%, respectivamente de área ocupada na bacia do
 315 Tapajós, distribuição que excedia as áreas toleradas pelas espécies conforme sua ecologia. Ao
 316 retirar os ambientes não tolerados, refinando os modelos pelo uso e cobertura da terra, as espécies
 317 passaram a ocupar 63.07% e 41.48%, respectivamente, de área na bacia (Fig. 2). As espécies
 318 *Boana albopunctata* (1), *Leptodactylus longirostris* (0.94) e *Scinax boesemani* (0.94) foram as
 319 espécies que apresentaram maior índice de similaridade entre os modelos (Tabela 4).

320 *Modelo dedutivo (MD) x Modelo indutivo-dedutivo (MID)*

321 Como o mapa gerado pelo modelo indutivo-dedutivo (MID) foi considerado melhor para
 322 representar a distribuição esperada de todas as espécies, comparamos os modelos dedutivos (MD)
 323 apenas com os MID. Para os MID, a espécie que apresentou maior extensão de ocorrência na
 324 bacia foi *Phyllomedusa vaillantii* (63.07%), enquanto que para os MD foi *Boana albopunctata*
 325 (58.01%).

326 Apenas para a espécie *Trachycephalus resinifictrix* houve baixa similaridade (Jaccard <
 327 0.3) entre os mapas gerados pelos MDs e os MIDs, o que ocorreu porque a área prevista pelo MD
 328 era bem mais ampla que a do MID. Para as espécies *Atelopus hoogmoedi*, *Boana cinerascens*, *B.*
 329 *wavrini*, *Scinax boesemani*, *Scinax fuscomarginatus*, *Leptodactylus longirostris* e *Phyllomedusa*
 330 *bicolor* houve média similaridade entre os mapas (Jaccard < 0.6). Elas representam quase metade
 331 das espécies analisadas (Tabela 5).

332 O MID foi considerado o que representa melhor a distribuição da maioria das espécies,
 333 com exceção de *Allophryne ruthveni*, *Atelopus hoogmoedi*, *Rhinella castaneotica*, *Boana*
 334 *cinerascens* e *B. wavrini*, para as quais considerou-se que a combinação entre os MID pelo MD
 335 representaria melhor a distribuição esperada para as espécies (Fig.4).

336 4. DISCUSSÃO

337 Nossos dados mostraram que refinar os modelos indutivos (MID) com as classes de
338 cobertura e uso da terra revelou ser um método eficiente para representar a distribuição atual das
339 espécies de anuros escolhidas, reduzindo em até 36.2% a área de ocorrência de uma espécie na
340 área de estudo em comparação ao modelo indutivo. Descobrimos que utilizar apenas um dos
341 métodos para inferir a área de distribuição de anfíbios tem importantes implicações para
342 representar a área de distribuição desse grupo, com consequências importantes para aplicar
343 políticas de conservação.

344 O uso de modelos de distribuição de espécies (modelos indutivos) pode permitir o
345 equilíbrio entre erros de comissão e omissão através da escolha de limiares de tolerância para
346 definir o habitat adequado para espécie (Guisan et al., 2013). A utilização dessa metodologia é
347 limitada pela disponibilidade de dados, e por isso neste estudo utilizamos modelos indutivos
348 junto com o conhecimento especializado para refinar os modelos.

349 Refinar os modelos gerados por algoritmos pode minimizar a incerteza da espécie estar
350 presente em ambientes inadequados (erros de comissão) ou não alcançados pela espécie (ex.
351 barreiras geográficas), já que para trabalhos de conservação com a finalidade de apoiar definição
352 de áreas prioritárias para criação ou redefinir unidades de conservação, por exemplo, esse tipo de
353 erro é importante, porque pode incluir como alvos áreas em que a espécie não ocorre (Loiselle et
354 al. 2003).

355 Grande parte dos estudos de análise global e regional de conservação para estimar a
356 cobertura de espécies em áreas protegidas ou a distribuição de espécies com fins para a
357 conservação foram feitos utilizando a extensão de ocorrência provenientes da IUCN (Rodrigues
358 et al. 2004, Ficetola et al. 2014) pela facilidade dos dados e indisponibilidade de informações
359 mais precisas sobre as espécies, apesar do consenso de que esse dado é uma representação
360 grosseira da distribuição real das espécies, além de estar sujeito a erros de comissão (Rodrigues et
361 al., 2004; Rondinini et al., 2006, 2011; Ficetola et al., 2014; Di Marco et al., 2017).

362 Em nosso trabalho utilizamos o conhecimento de especialistas para validar os modelos
363 através do método informal. Esse tipo de validação é importante quando os dados são escassos e
364 sujeitos a erros de localização geográfica ou de comissão, que podem ser corrigidos com o
365 julgamento dos especialistas para uma representação mais realista da distribuição das espécies
366 (Rondinini et al., 2005; Cayuela et al., 2009). Giannini et al. (2012) reforçam a importância da
367 validação informal, pois modelos puramente estatísticos podem obter um bom ajuste, mas
368 explicação biológica insatisfatória.

369 O problema principal de uma validação puramente informal é que sua replicação é difícil,
370 porque depende dos conhecimentos de um ou poucos especialistas. Além disso, pode estar sujeita
371 a erros de omissão, pois a área pode ser habitável para a espécie, mas os dados disponíveis sobre
372 a distribuição e observações ecológicas são incompletos e pode não ter registro ainda
373 documentado para a espécie em determinados ambientes ou localidades, principalmente para
374 grupos com o conhecimento limitado como os anfíbios (Ficetola et al., 2014). Um exemplo desta
375 situação é o grande número de publicações recentes sobre distribuição de anfíbios da Amazônia,

376 que aumentaram ou modificaram a área distribuição desse grupo (ex. Bitar *et al.*, 2015; Camera
377 & Krinski 2014), além da descoberta de novas espécies (ex. Oliveira *et al.*, 2017; Lima *et al.*,
378 2014). Dessa forma, a validação informal representa a melhor informação disponível no
379 momento em que é realizada, mas inclui incertezas que não podem ser mensuradas.

380 Cayuela *et al.*, (2009) citam que combinar os modelos (modelos híbridos) de diferentes
381 metodologias ajuda a evitar os erros de omissão (falsas ausências), uma das problemáticas da
382 modelagem quando se trata de grupos com conhecimento limitado, como por exemplo os anfíbios
383 (Fiscetola *et al.*, 2014). Detectamos em nossos resultados que as espécies *Atelopus hoogmoedi*,
384 *Boana wavrini* e *B. cinerascens* apresentaram erros de omissão, que foram corrigidos com a
385 combinação entre os MID e dedutivos, reforçando o estudo de Cayuela *et al.* (2009). Isso ocorreu
386 porque para a maioria das espécies as áreas estimadas pela IUCN / RAN foram maiores que a
387 caracterizada com base unicamente nos pontos de ocorrência. Estas estimativas também são
388 decorrentes de conhecimentos de especialistas, que usam para a estimativa dos polígonos locais
389 onde as espécies foram observadas mas não coletadas e depositadas em coleções.

390 Este estudo reforça que para a análise de táxons que apresentam dificuldades para
391 modelagem e poucos dados disponíveis como os anfíbios anuros, usar apenas a modelagem
392 indutiva não resulta em mapas de distribuição confiáveis. A validação informal baseada no
393 julgamento de especialistas é essencial para a correção dos modelos, como já havia sido apontado
394 por Cayuela *et al.* (2009). Por outro lado, os modelos dedutivos em muitos casos também não
395 tiveram um bom desempenho, porque apresentam limites com formas artificiais. Por isso,
396 sugerimos a integração de modelos indutivos, que podem configurar melhor a extensão de
397 distribuição que mapas de área de ocorrência elaborados por especialistas, com os dedutivos,
398 utilizando dados ambientais (ex: dados de vegetação, uso da terra, elevação, hidrografias,
399 barreiras geográficas). Dessa forma, foi possível fazer um refinamento dos mapas gerados pelos
400 algoritmos utilizados, minimizando possíveis erros de comissão. No entanto, combinar com
401 polígonos de ocorrência de bases como os da IUCN podem contribuir em alguns casos para
402 reduzir os erros de omissão apresentados nos modelos indutivos, pela possibilidade de
403 ocorrências observadas mas não registradas em coleções. Além disso, podem também ajudar a
404 estimar as áreas que não são acessíveis para a espécie e devem ser retiradas da estimativa dos
405 modelos indutivos, como mencionado por (Merow *et al.*, 2017). No caso deste estudo, a análise
406 de acesso foi feita pelos próprios especialistas consultados durante sua execução. Provavelmente
407 por essa razão, não houve áreas que foram excluídas com o uso de polígonos da IUCN.

408 A similaridade média obtida pela aplicação das diferentes técnicas, principalmente entre
409 os MID e MDs, indica que ainda há alta incerteza e discrepância entre as diferentes fontes de
410 dados (pontos de ocorrência e polígonos) e que há necessidade de continuar procurando e
411 testando novas formas de representar o mais acuradamente possível a área de ocorrência das
412 espécies. A busca da melhor representação da distribuição de espécies em áreas com poucos
413 dados exige a integração de todos os conhecimentos e técnicas disponíveis, e, apesar de pouco
414 replicável, o conhecimento de especialistas é fundamental.

415 5. REFERÊNCIAS

- 416 Agência Nacional de Águas (ANA) (2011) Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia
417 Amazônica – Afluentes da Margem Direita (PERH-MDA), aprovada pelo CNRH em sua
418 25ª Reunião Ordinária.
- 419 Almeida, C.A. de, Coutinho, A.C., Esquerdo, J.C.D.M., Adami, M., Venturieri, A., Diniz, C.G.,
420 Dessay, N., Durieux, L., & Gomes, A.R. (2016) High spatial resolution land use and land
421 cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS
422 data. *Acta Amazonica*, **46**, 291–302.
- 423 Avila-Pires, T.C.S., Hoogmoed, M.S., & Rocha, W.A. da (2010) Notes on the Vertebrates of
424 northern Pará, Brazil: a forgotten part of the Guianan Region, I. Herpetofauna. *Boletim do*
425 *Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*. v.5.n1.,v.il.
- 426 Bitar, Y.O.C., Silva, K.R.A., Filho, H.F.S. & Pinheiro, L.C. (2015) Amphibia, Anura, Hylidae,
427 *Cruziohyala craspedopus* (Funkhouser, 1957): distribution extension and first record from
428 the state of Pará, Brazil. *Check List* 11(2): 1574, February 2015 doi:
429 <http://dx.doi.org/10.15560/11.2.1574>.
- 430 Caldwell, J.P. & Shepard, D.B. (2007) Calling Site Fidelity and Call Structure of a Neotropical
431 Toad, *Rhinella Ocellata* (Anura: Bufonidae). *Journal of Herpetology*, **41**, 611–621.
- 432 Camera, B.F. & Krinski, D. (2014) Distribution extension and geographic distribution map of the
433 Brazil-nut poison dart frog *Adelphobates castaneoticus* (Caldwell & Myers, 1990)
434 (Anura: Dendrobatidae): New record for southwestern Pará State, Brazil. *Check List*
435 10(1): 244–245.
- 436 Casseiro, F.A. da S., Gouveia, S.F., & Diniz Filho, J.A.F. (2012) Distribuição de *Rhinella*
437 *granulosa*: integrando envelopes bioclimáticos e respostas ecofisiológicas. *Revista da*
438 *Biologia* 8: 38-44.
- 439 Cayuela, L., Golicher, D.J., Newton, A.C., Kolb, M., de Albuquerque, F.S., Arets, E., Alkemade,
440 J.R.M., & Pérez, A.M. (2009) Species distribution modeling in the tropics: problems,
441 potentialities, and the role of biological data for effective species conservation. *Tropical*
442 *Conservation Science*, **2**, 319–352.
- 443 Di Marco, M., Watson, J.E.M., Possingham, H.P., & Venter, O. (2017) Limitations and trade-offs
444 in the use of species distribution maps for protected area planning. *Journal of Applied*
445 *Ecology*, **54**, 402–411.
- 446 Dormann, C.F. (2007) Promising the future? Global change projections of species distributions.
447 *Basic and Applied Ecology*, **8**, 387–397.
- 448 Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., et al. (2006) Novel methods improve prediction of
449 species' distributions from occurrence data. *Ecography*, **29**, 129–151.
- 450 Ficetola, G.F., Rondinini, C., Bonardi, A., Katariya, V., Padoa-Schioppa, E., & Angulo, A.
451 (2014) An evaluation of the robustness of global amphibian range maps. *Journal of*
452 *Biogeography*, **41**, 211–221.

- 453 Fielding, A.H. & Bell, J.F. (1997) A review of methods for the assessment of prediction errors in
454 conservation presence/absence models. *Environmental conservation*, **24**, 38–49.
- 455 Franklin, J. (2010) *Mapping species distributions: spatial inference and prediction*. Cambridge
456 University Press, Cambridge; New York.
- 457 Gahegan, M. (2003) Is inductive machine learning just another wild goose (or might it lay the
458 golden egg)? *International Journal of Geographical Information Science*, **17**, 69–92.
- 459 Giannini, T.C., Siqueira, M.F., Acosta, A.L., Barreto, F.C., Saraiva, A.M., & Santos, I.A. dos
460 (2012) Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. *Rodriguésia*,
461 **63**, 733–749.
- 462 Goulding, M., Barthem, R., & Ferreira, E. (2003) The Smithsonian atlas of the Amazon.
- 463 Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J.B., et al. (2013) Predicting species distributions for
464 conservation decisions. *Ecology Letters*, **16**, 1424–1435.
- 465 Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G., & Jarvis, A. (2005) Very high resolution
466 interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*,
467 **25**, 1965–1978.
- 468 Hoogmoed, M.S. & Galatti, U. (2017) Censo da biodiversidade da Amazônia Brasileira.
469 Available at: <http://www.museu-goeldi.br/censo/>.
- 470 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2012) Manual Técnico da Vegetação
471 Brasileira. Rio de Janeiro.
- 472 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. (2016) Sumário Executivo
473 do Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.
- 474 Lewinsohn, T.M. & Prado, P.I. (2005) How many species are there in Brazil? *Conservation*
475 *Biology*, **19**, 619–624.
- 476 Lima, A.P., Magnusson, W.E., Menin, M., Erdtmann, L.K., Rodrigues, D.J., Keller, C., & Hödl,
477 W. (2006) Guia de Sapos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central [Guide to the
478 Frogs of Adolpho Ducke Reserve, Central Amazonia]. *Áttema*, Manaus, 168p.
- 479 Lima, A.P., Simões, P.I. & Kaefer, I.L. (2014) A new species of *Allobates* (Anura: Aromobatidae)
480 from the Tapajós River basin, Pará State, Brazil. *Zootaxa* 3889 (3): 355–387.
- 481 Liu, C., Berry, P.M., Dawson, T.P., & Pearson, R.G. (2005) Selecting thresholds of occurrence in
482 the prediction of species distributions. *Ecography*, **28**, 385–393.
- 483 Loiselle, B.A., Howell, C.A., Graham, C.H., Goerck, J.M., Brooks, T., Smith, K.G., & Williams,
484 P.H. (2003) Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation
485 planning. *Conservation biology*, **17**, 1591–1600.
- 486 Margules, C.R. & Pressey, R.L. (2000) Systematic conservation planning. *Nature*, **405**, 243.

- 487 Merow, C., Wilson, A.M., & Jetz, W. (2017) Integrating occurrence data and expert maps for
 488 improved species range predictions: Expert maps & point process models. *Global Ecology*
 489 *and Biogeography*, **26**, 243–258.
- 490 Neckel-Oliveira, S., Galatti, U., Faveri, S.B., Albareli, L.P., & Nascimento, H.E. (2013)
 491 Ecological correlates in Brazilian Amazonian anurans: implications for conservation.
 492 *Amphibia-Reptilia*, **34**, 217–232.
- 493 Oliveira EA de, Rodrigues LR, Kaefer IL, Pinto KC, Hernández-Ruz EJ (2017) A new species of
 494 *Pristimantis* from eastern Brazilian Amazonia (Anura, Craugastoridae) *ZooKeys* **687**:
 495 101–129. <https://doi.org/10.3897/zookeys.687.13221>.
- 496 Pearson, R.G. (2007) Species' distribution modeling for conservation educators and practitioners.
 497 *Synthesis. American Museum of Natural History*, **50**. Available at: <http://ncep.amnh.org>. .
- 498 Peterson, A.T. (2011) *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University
 499 Press, 316pp.
- 500 Phillips, S.J., Anderson, R.P., & Schapire, R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species
 501 geographic distributions. *Ecological modelling*, **190**, 231–259.
- 502 Pombal Jr, J.P. & Haddad, C.F.B. (2007) Estratégias e modos reprodutivos em anuros. Pg. 101-
 503 116. *Herpetologia no Brasil II. Soc. Bras. Herpetologia-SBH*. 354pp, .
- 504 Rennó, C.D., Nobre, A.D., Cuartas, L.A., Soares, J.V., Hodnett, M.G., Tomasella, J., &
 505 Waterloo, M.J. (2008) HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping
 506 terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*, **112**,
 507 3469–3481.
- 508 Rodrigues, A.S.L., Andelman, S.J., Bakarr, M.I., et al. (2004) Effectiveness of the global
 509 protected area network in representing species diversity. *Nature*, **428**, 637–640.
- 510 Rondinini, C., Di Marco, M., Chiozza, F., Santulli, G., Baisero, D., Visconti, P., Hoffmann, M.,
 511 Schipper, J., Stuart, S.N., Tognelli, M.F., Amori, G., Falcucci, A., Maiorano, L., &
 512 Boitani, L. (2011) Global habitat suitability models of terrestrial mammals. *Philosophical*
 513 *Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **366**, 2633–2641.
- 514 Rondinini, C., Stuart, S., & Boitani, L. (2005) Habitat Suitability Models and the Shortfall in
 515 Conservation Planning for African Vertebrates. *Conservation Biology*, **19**, 1488–1497.
- 516 Rondinini, C., Wilson, K.A., Boitani, L., Grantham, H., & Possingham, H.P. (2006) Tradeoffs of
 517 different types of species occurrence data for use in systematic conservation planning:
 518 Species data for conservation planning. *Ecology Letters*, **9**, 1136–1145.
- 519 dos Santos, C.A., de Araujo, I.B., Wanzeler, R.T.S., de Oliveira Serrao, E.A., Farias, M.H.C.S.,
 520 & de Lima, A.M.M. (2015) Hydroclimatic regionalization of the Tapajos River
 521 watershed/Regionalización Hidroclimatológica de la cuenca hidrográfica del Río
 522 Tapajos/Regionalizacao hidroclimatologica da bacia hidrografica do Rio Tapajos. *Revista*
 523 *Geográfica Acadêmica*, **9**, 32–52.

- 524 Segalla, M.V., Caramaschi, U., Cruz, C.A.G., Grant, T., Haddad, C.F.B., Garcia, P.C. de A.,
525 Berneck, B.V.M., & Langone, J.A. (2016) Herpetologia Brasileira. *Brazilian amphibians–*
526 *List of species*, **5**, .
- 527 Siqueira, C.C., Vrcibradic, D., Dorigo, T.A., & Rocha, C.F.D. (2011) Anurans from two high-
528 elevation areas of Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia*
529 *(Curitiba)*, **28**, 457–464.
- 530 The IUCN Red List of Threatened Species - IUCN. (2017) Version 2017-1. Available at:
531 <http://www.iucnredlist.org/>.
- 532 Toledo, L.F. & Haddad, C.F.B. (2005) Reproductive biology of *Scinax fuscomarginatus* (Anura,
533 Hylidae) in south-eastern Brazil. *Journal of Natural History*, **39**, 3029–3037.
- 534 Vasconcelos, T. da S. & Rossa-Feres, D. de C. (2005) Diversidade, distribuição espacial e
535 temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região noroeste do estado de São
536 Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, **5**, 137–150.
- 537 Venticinque, E., Forsberg, B., Barthem, R., Petry, P., Hess, L., Mercado, A., Cañas, C., Montoya,
538 M., Durigan, C., & Goulding, M. (2016) An explicit GIS-based river basin framework for
539 aquatic ecosystem conservation in the Amazon. *Earth System Science Data*, **8**, 651–661.
- 540 Wilson, C.D., Roberts, D., & Reid, N. (2011) Applying species distribution modelling to identify
541 areas of high conservation value for endangered species: A case study using *Margaritifera*
542 *margaritifera* (L.). *Biological Conservation*, **144**, 821–829.

543 Tabela 1. Lista das 16 espécies de anfíbios modeladas para a bacia do Tapajós com a área de
 544 distribuição prevista pelo algoritmo, número de variáveis selecionadas para o modelo, principais
 545 variáveis de contribuição para o ajuste do modelo e AUC de teste.

TÁXON	Área (km ²)	Prop	N° var	Principais var	AUC teste
Família Allophrynidae					
<i>Allophryne ruthveni</i>	234053.70	47.50%	14	bio5 - bio13 - bio4	0.95
Família Bufonidae					
<i>Atelopus hoogmoedi</i>	116073.38	23.55%	17	bio6 - bio18	0.95
<i>Rhinella castaneotica</i>	237754.02	48.45%	10	bio12 - bio14 - bio5	0.96
<i>Rhinella ocellata</i>	340451.00	69.10%	12	bio16 - bio17	0.97
Família Dendrobatidae					
<i>Ameerega hahneli</i>	81243.89	16.48%	10	bio19 - bio6	0.98
<i>Ameerega trivittata</i>	238002.30	48.30%	11	bio14 - bio3	0.95
Família Hylidae					
<i>Boana albopunctata</i>	309043.92	62.72%	14	bio13 - bio3 - bio19	0.93
<i>Boana cinerascens</i>	147043.27	29.84%	10	bio12 - bio14 - bio17	0.93
<i>Boana wavrini</i>	156789.93	31.82%	14	bio5 - bio9	0.97
<i>Scinax boesemani</i>	129329.87	26.24%	14	bio9 - bio19	0.95
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	241494.82	49.01%	20	bio12 - bio7 - bio16	0.94
<i>Trachycephalus resinifictrix</i>	101894.65	20.67%	20	bio2 - bio4	0.96
Família Leptodactylidae					
<i>Leptodactylus longirostris</i>	112130.84	22.75%	14	bio19 - bio4 - bio14	0.96
Família Odontophrynidae					
<i>Proceratophrys concavitympanum</i>	384399.10	78.01%	14	bio16 - bio14	0.99
Família Phyllomedusidae					
<i>Phyllomedusa bicolor</i>	106165.16	21.54%	11	bio14 bio3	0.95
<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	489504.16	99.34%	10	bio12 - bio4	0.96

Legenda: “Prop”: Proporção da área ocupada com relação a área total da bacia do Tapajós; “var”: variáveis.

546 Tabela 2. Espécies de anuros da bacia do Tapajós utilizadas para aplicar a técnica de modelagem indutiva-dedutiva, suas características
 547 reprodutivas e geográficas com base na literatura (Toledo & Haddad, 2005; Lima et al., 2006; Caldwell & Shepard, 2007; Avila-Pires
 548 et al., 2010). *espécie encontrada em mata ciliar (região de Monte Alegre) – comunicação pessoal Ulisses Galatti.

Táxon	Modo reprodutivo	Ambiente	Distribuição	Tol.	Classes retiradas	Área (km ²)
Família Allophrynidae						
<i>Allophryne ruthveni</i>	ovos em folhas	floresta tropical	Amazônia	não	Agr./ outros / antr./ desf. / savana	185618.91
Família Bufonidae						
<i>Atelopus hoogmoedi</i>	ovos em riachos	floresta tropical próximo à riachos	Amazônia	não	Agr./ outros, antr. /desf. / savana / VSA	102592.36
<i>Rhinella castaneotica</i>	ovos em ouriços de castanha-do-Pará e corpos d'água temporário	floresta tropical	Amazônia	não	Agr./ outros / antr./ desf./ savana.	192879.03

Legenda: “Tol.”: tolerância das espécies à ambientes alterados; “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

<i>Rhinella ocellata</i>	ovos em corpos d'água	cerrado	Cerrado	não	Agr. / outros / antr. / FA / FC / VSA / VSC / refl. / desf..	80054.49
Família Dendrobatidae						
<i>Ameerega hahneli</i> *	ovos terrestres. Os girinos são carregados pelos adultos para as poças temporárias	floresta tropical	Amazônia	não	Agr. / outros / antr. / desf. / savana.	75830.71
<i>Ameerega trivittata</i>	ovos terrestres. Os girinos são carregados pelos adultos para as poças temporárias	floresta tropical	Amazônia	não	Agr. / outros / antr. / desf. / FC / savana.	196647.62

Legenda: “Tol.”: tolerância das espécies à ambientes alterados; “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

Família Hylidae

<i>Boana albopunctata</i>	ovos em poças temporárias e permanente	floresta tropical e áreas abertas perto de corpos d'água	Amazônia /Cerrado	sim	desf. / outros	308497.41
<i>Boana cinerascens</i>	ovos em águas lânticas	áreas abertas / floresta tropical / floresta de savana / perto de riachos e áreas inundadas	Amazônia	sim	Agr. / outros / desf. / antr.	130564.54
<i>Boana wavrini</i>	ninhos em depressões, igapó ou várzea	floresta inundada (várzea)	Amazônia	não	outros / desf. / antr.	130490.76
<i>Scinax boesemani</i>	ovos em águas lânticas	Savana / áreas abertas / áreas abertas dentro de	Amazônia	sim	outros / desf.	121031.29

Legenda: “Tol.”: tolerância das espécies à ambientes alterados; “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica”; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

floresta e várzea

<i>Scinax fuscomarginatus</i>	ovos em corpos de águas lânticas	áreas abertas / cerrado e pantanal	Amazônia /Cerrado/Pantanal	sim	outros / desf./ FA.	152130.77
<i>Trachycephalus resinifictrix</i>	ovos em ocos de árvore com água	floresta tropical	Amazônia	não	Agr./ outros/ desf./ antr./ savana/ VSA / VSC.	65513.37
Família Leptodactylidae						
<i>Leptodactylus longirostris</i>	ninhos de espuma terrestre dentro de tocas	savana	Amazônia	sim	outros/ desf.	111880.33

Família Odontophrynidae

Legenda: “Tol.”: tolerância das espécies à ambientes alterados; “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

<i>Proceratophrys concavitympanum</i>	ovos em poças temporárias, e pequenos igarapés rochosos	floresta tropical	Amazônia	não	Agr./ outros/ desf., antr./ VSC/ FC / savana.	204423.28
Família Phyllomedusidae						
<i>Phyllomedusa bicolor</i>	ninhos feitos com folhas acima da água	savana / floresta tropical e várzea	Amazônia / Cerrado (Maranhão)	não	Agr./ outros/ reflo./ desf./ antr./ VSC/ savana.	85821.84
<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	ninhos feitos com folhas acima da água	floresta tropical / florestas secundárias e áreas abertas	Amazônia	não	Agr./ outros / reflo./ desf./ antr./ VSC / FC / savana.	310799.74

Legenda: “Tol.”: tolerância das espécies à ambientes alterados; “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”.: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica”; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

549 Tabela 3. Resultado da modelagem dedutiva (MD) para as espécies de anuros da bacia do Tapajós utilizadas no estudo em comparação
 550 a extensão de ocorrência da International Union for Conservation of Nature – IUCN. Informações sobre o ambiente e distribuição das
 551 espécies de acordo com Toledo & Haddad (2005); Lima et al. (2006); Caldwell & Shepard (2007); Avila-Pires et al. (2010).

Táxon	Ambiente	Distribuição	Classes retiradas	MD (km ²)	Prop MD	IUCN (km ²)	Prop IUCN
Família Allophrynidae							
<i>Allophryne ruthveni</i>	floresta tropical	Amazônia	Agr. / outros, antr. / desf. savana	221919.66	45.03%	257694.17	52.08%
Família Bufonidae							
<i>Atelopus hoogmoedi</i>	floresta tropical	Amazônia	Agr. / outros, antr. / desf. / savana / VSA	54383.24	11.03%	63066.81	12.74%
<i>Rhinella castaneotica</i>	floresta tropical	Amazônia	Agr./ outros/ antr./ desf. /savana.	211138.10	42.85%	239557.06	48.42%
<i>Rhinella ocellata</i>	cerrado	Cerrado	Agr./ outros / antr./ FA / FC / VSA/ VSC/ refl. / desf.	77342.77	15.69%	288759.60	58.36%

Legenda: “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”.: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

Família Dendrobatidae

<i>Ameerega hahneli</i>	floresta tropical	Amazônia	Agr. /outros /antr. / desf.	122128.19	24.78%	133065.23	26.89%
<i>Ameerega trivittata</i>	floresta tropical	Amazônia	Agr. / outros / antr. / reflo. / desfl. / savana / FC / VSC.	257140.44	52.18%	339032.20	68.52%

Família Hylidae

<i>Boana albopunctata</i>	floresta tropical e áreas abertas perto de corpos d'água	Amazônia / Cerrado	desf. / outros	285856.73	58.01%	305026.43	61.65%
<i>Boana cinerascens</i>	áreas abertas / floresta tropical / floresta de	Amazônia	Agr./ outros / desf. / antr.	255501.90	51.85%	299004.37	60.68%

Legenda: “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”.: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica”; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

<i>Boana wavrini</i>	savana / perto de riachos e áreas inundadas floresta inundada (várzea)	Amazônia	Outros / desf / antr.	218439.22	44.33%	250876.19	50.70%
<i>Scinax boesemani</i>	savana / áreas abertas / áreas abertas dentro de floresta / área de várzea	Amazônia	Outros / desf.	261095.21	52.98%	319828.28	64.90%
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	áreas abertas / cerrado e pantanal	Amazônia/ Cerrado/Pantanal	Outros / desf. / FA.	103950.35	21.09%	259934.62	52.53%
<i>Trachycephalus resinifictrix</i>	floresta tropical	Amazônia	Agr./ outros / desf. / antr./ savana / VSA / VSC.	227930.65	46.25%	308493.63	62.35%

Legenda: “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica”; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

Família Leptodactylidae

<i>Leptodactylus longirostris</i>	savana	Amazônia	Outros / desf.	47037.58	9.54%	50688.89	10.24%
-----------------------------------	--------	----------	----------------	----------	-------	----------	--------

Família Odontophrynidae

<i>Proceratophrys concavitympanum</i>	floresta tropical	Amazônia	Agr. / outros, desf / antr.	166742.07	33.84%	226331.16	45.74%
---------------------------------------	-------------------	----------	--------------------------------	-----------	--------	-----------	--------

Família Phyllomedusidae

<i>Phyllomedusa bicolor</i>	savana / floresta tropical / várzea	Amazônia / Cerrado (MA)	Agr. / outros / reflo / desf. / antr. / savana.	201793.94	40.95%	231545.92	46.99%
-----------------------------	--	----------------------------	---	-----------	--------	-----------	--------

<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	floresta tropical / áreas abertas e floresta secundárias	Amazônia	Agr. / outros / reflo. / desf. / antr. / VSC / FC / savana.	257982.62	52.35%	349279.18	70%
--------------------------------	---	----------	--	-----------	--------	-----------	-----

Legenda: “Agr.”: agricultura anual; “antr.”: antrópico; “desf.”: desflorestamento 2014; “reflo”.: reflorestamento; “FA”: floresta amazônica; “FC”: Floresta cerrado; “VSA”: vegetação secundária amazônica”; “VSC”: vegetação secundária cerrado.

552 Tabela 4. Comparação entre os modelos indutivo puro (MIP) e modelo indutivo-dedutivo (MID).
 553 *os modelos são iguais. “Melhor modelo” – modelo que melhor representa a distribuição
 554 esperada para a espécie. “Jaccard” – índice de similaridade de Jaccard.

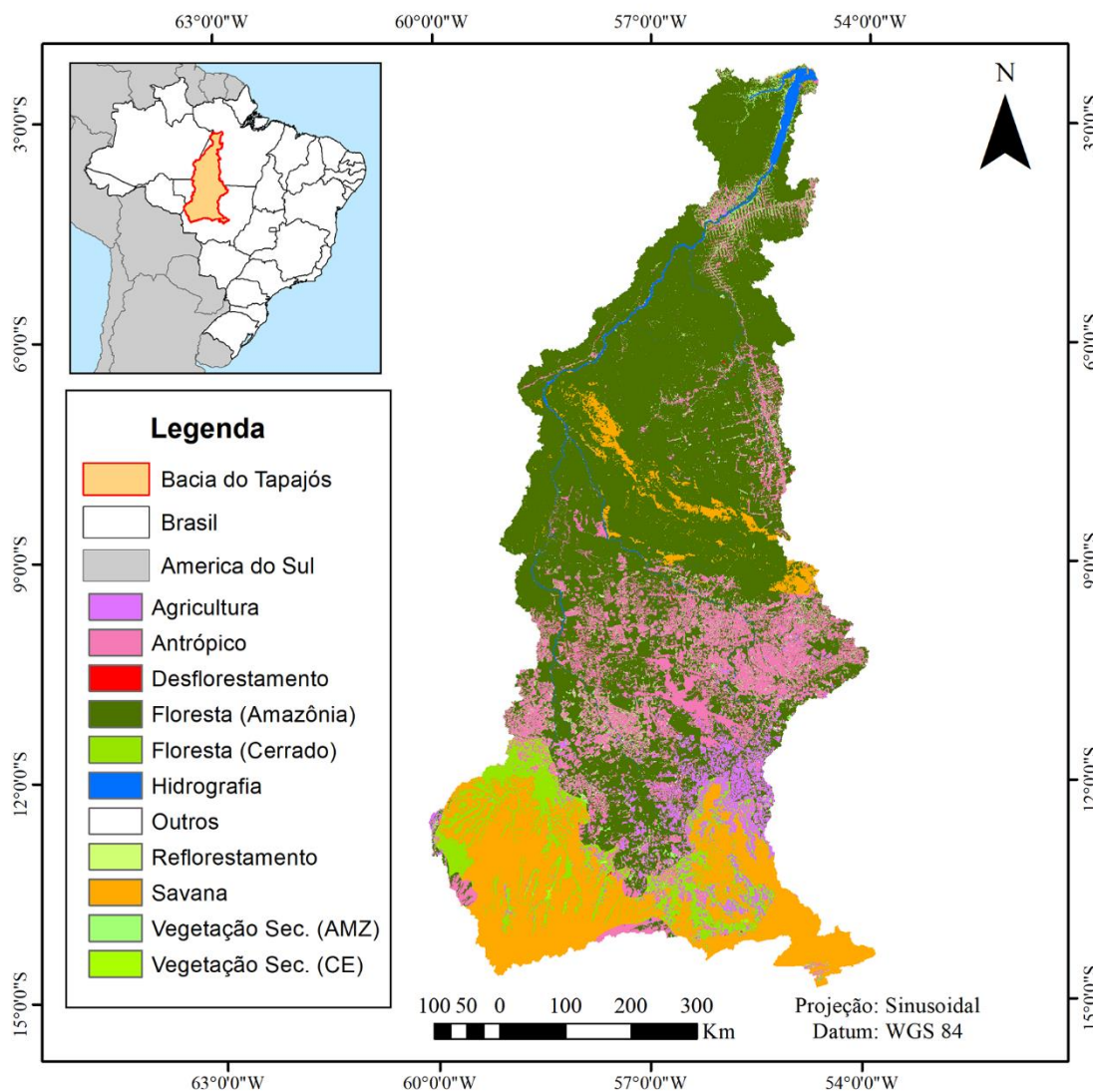
555

TÁXON	MIP (km ²)	MID (km ²)	Melhor modelo	Jaccard
Família Allophrynidae				
<i>Allophryne ruthveni</i>	234053.70	185618.90	MID	0.79
Família Bufonidae				
<i>Atelopus hoogmoedi</i>	116073.38	102592.35	MID	0.88
<i>Rhinella castaneotica</i>	237754.02	192879.03	MID	0.81
<i>Rhinella ocellata</i>	340451.00	80054.48	MID	0.24
Família Dendrobatidae				
<i>Ameerega hahneli</i>	81243.89	75830.71	MID	0.93
<i>Ameerega trivittata</i>	238002.30	196647.62	MID	0.73
Família Hylidae				
<i>Boana albopunctata</i>	309043.91	308497.40	*	1.00
<i>Boana cinerascens</i>	147043.27	130564.54	MID	0.89
<i>Boana wavrini</i>	156789.93	130490.76	MID	0.57
<i>Scinax boesemani</i>	129329.86	121031.28	MID	0.94
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	241494.81	152130.77	MID	0.63
<i>Trachycephalus resinifictrix</i>	101894.64	65513.36	MID	0.64
Família Leptodactylidae				
<i>Leptodactylus longirostris</i>	112130.83	111880.33	MID	0.94
Família Odontophrynidae				
<i>Proceratophrys concavitympanum</i>	384399.09	204423.28	MID	0.59
Família Phyllomedusidae				
<i>Phyllomedusa bicolor</i>	106165.16	85821.84	MID	0.81
<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	489504.16	310799.74	MID	0.63

556 Tabela 5. Comparação entre os modelos indutivo-dedutivo (MID) e dedutivo (MD) para as
 557 espécies analisadas de anfíbios anuros da Bacia do Tapajós. “Melhor modelo” – modelo que
 558 melhor representa a distribuição esperada para a espécie; " Jaccard " - índice de similaridade
 559 aplicado aos dois tipos de modelagem.

560	TÁXON	MID (km²)	MD (km²)	Melhor modelo	Jaccard
	Família Allophrynidae				
	<i>Allophryne ruthveni</i>	185618.90	221919.65	MID+ MD	0.73
	Família Bufonidae				
	<i>Atelopus hoogmoedi</i>	102592.36	54383.24	MID+ MD	0.42
	<i>Rhinella castaneotica</i>	192879.03	211138.10	MID+ MD	0.79
	<i>Rhinella ocellata</i>	80054.49	77342.77	MID	0.96
	Família Dendrobatidae				
	<i>Ameerega hahneli</i>	75830.71	122128.19	MID	0.61
	<i>Ameerega trivittata</i>	196647.61	257140.44	MID	0.75
	Família Hylidae				
	<i>Boana albopunctata</i>	308497.40	285856.73	MID	0.75
	<i>Boana cinerascens</i>	130564.53	255501.90	MID+ MD	0.51
	<i>Boana wavrini</i>	130490.76	218439.22	MID+ MD	0.57
	<i>Scinax boesemani</i>	121031.28	261095.21	MID	0.46
	<i>Scinax fuscomarginatus</i>	152130.77	103950.35	MID	0.46
	<i>Trachycephalus resinifictrix</i>	65513.36	227930.65	MID	0.28
	Família Leptodactylidae				
	<i>Leptodactylus longirostris</i>	111880.33	47037.58	MID	0.41
	Família Odontophrynidae				
	<i>Proceratophrys concavitympanum</i>	204423.28	166742.07	MID	0.68
	Família Phyllomedusidae				
	<i>Phyllomedusa bicolor</i>	85821.84	201793.94	MID	0.35
	<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	310799.74	257982.62	MID	0.83

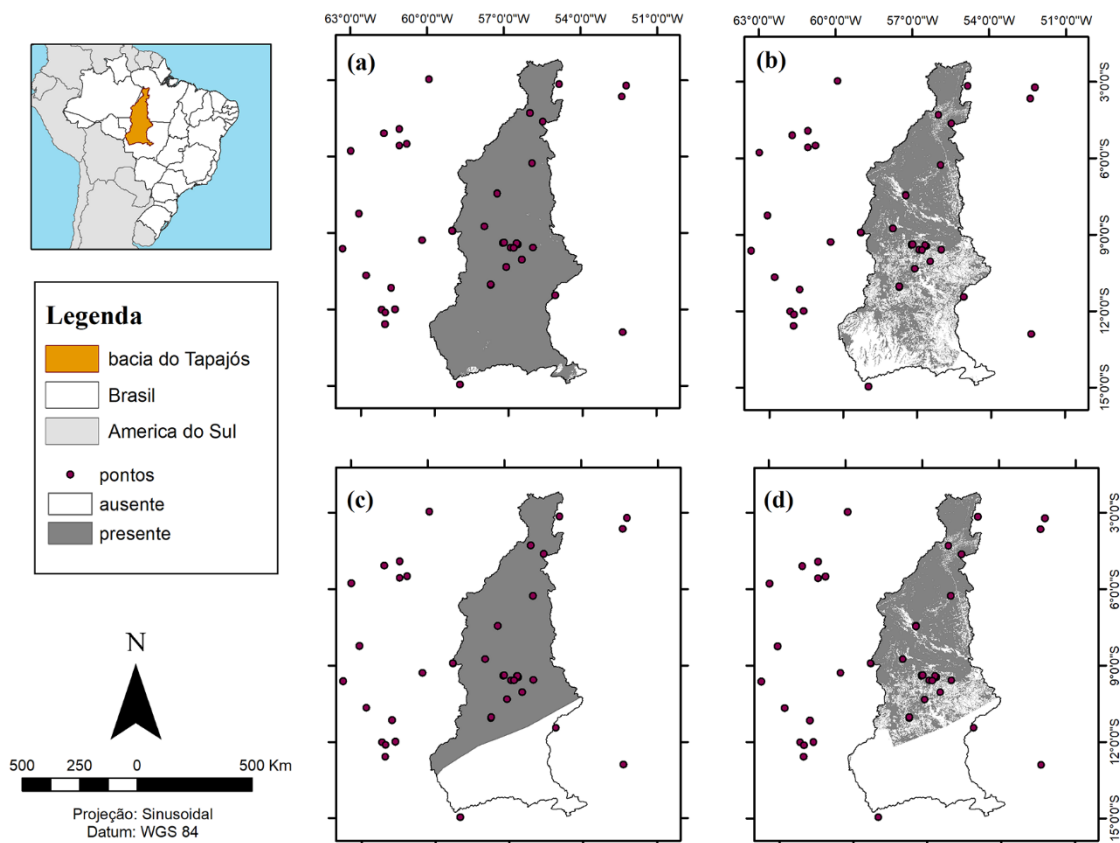
561 Figura 1. Localização e mapa de cobertura e uso da terra da bacia do rio Tapajós. Fonte:
 562 Adaptado dos dados do Terraclass 2014 e Venticinque et al. (2016).



563

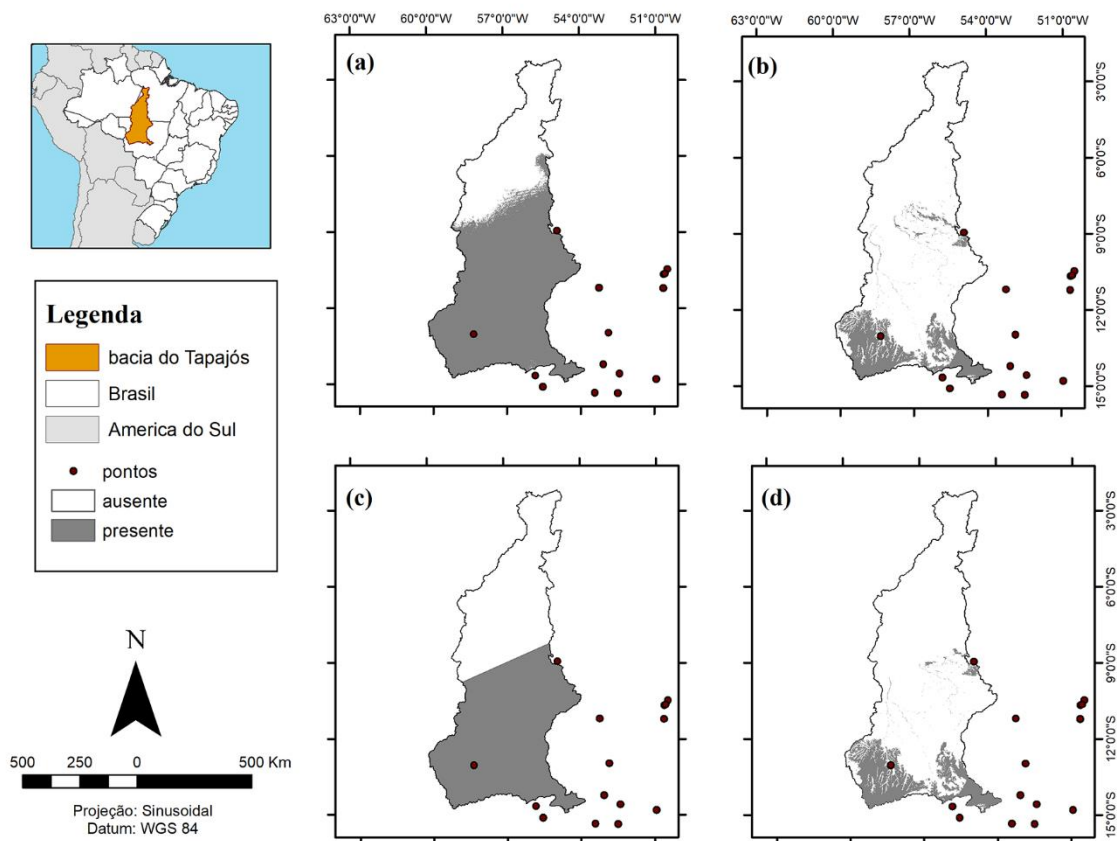
Legenda: “Vegetação Sec. (AMZ)”: Vegetação Secundária Amazônica; “Vegetação Sec. (CE)”: Vegetação Secundária Cerrado.

564 Figura 2. Mapas de comparação entre os modelos indutivo puro (MIP), indutivo-dedutivo (MID),
 565 extensão de ocorrência (EO) e modelo dedutivo (MD) para a espécie *Phyllomedusa vaillantii*.
 566 Legenda: (a) MIP; (b) MID; (c) EO da IUCN e (d) MD.



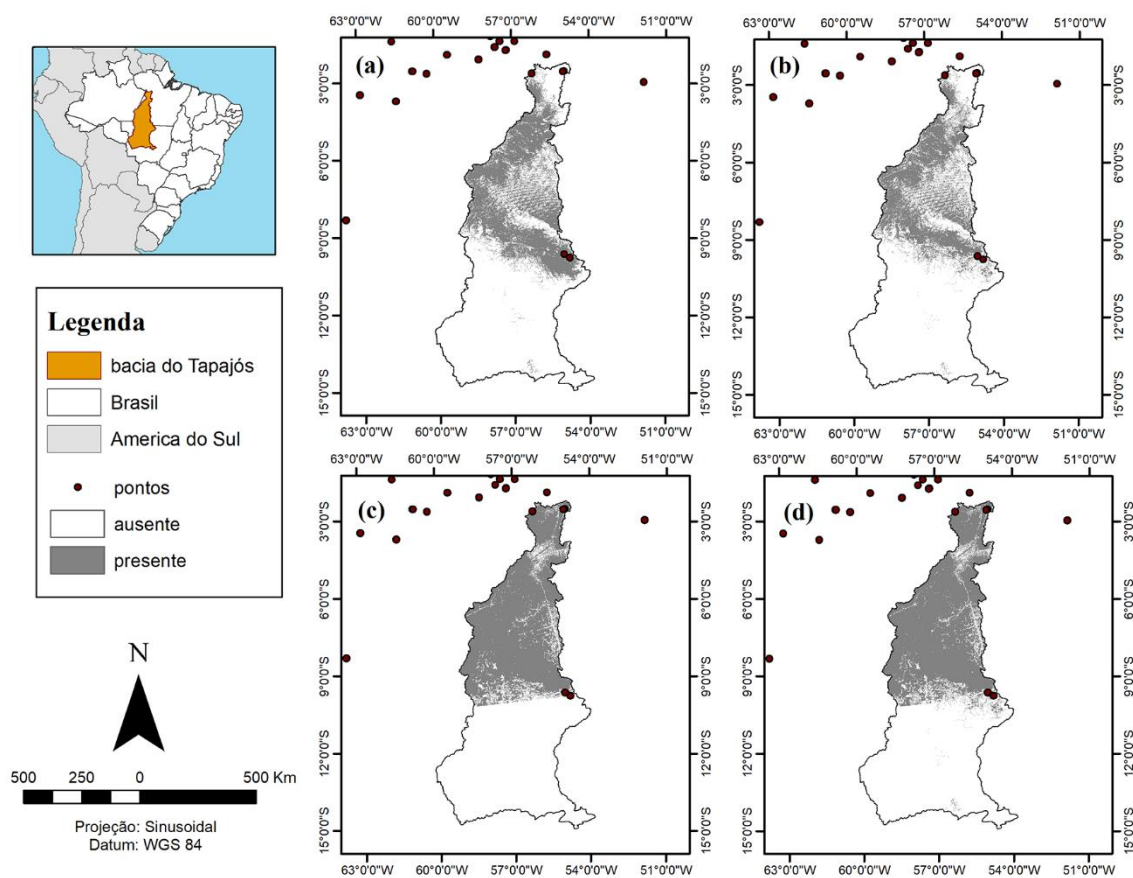
567

568 Figura 3. Mapas de comparação entre os modelos indutivo puro (MIP),
 569 indutivo-dedutivo (MID),
 570 extensão de ocorrência (EO) e modelo dedutivo (MD) para a espécie *Rhinella ocellata*. (a) MIP;
 (b) MID; (c) EO do RAN e (d) MD.



571

Figura 4. Mapas de comparação entre os modelos indutivo puro (MIP), indutivo-dedutivo (MID), modelo dedutivo (MD) e combinação dos modelos indutivo-dedutivo e dedutivo para a espécie *Boana wavrini*. Legenda: (a) MIP; (b) MID; (c) MD e (d) MIP + MD.



6. Apêndice

Apêndice S1: Extensão de ocorrência (EO) utilizada para gerar os modelos dedutivos (MD) dos 16 anfíbios anuros analisados no estudo.

TÁXON	EO	Justificativa
Família Allopnyridae		
<i>Allopnyne ruthveni</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
Família Bufonidae		
<i>Atelopus hoogmoedi</i>	MPC RAN	A espécie não está separada da <i>A. spumarius</i> na IUCN
<i>Rhinella castaneotica</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
<i>Rhinella ocellata</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
Família Dendrobatidae		
<i>Ameerega hahneli</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
<i>Ameerega trivittata</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
Família Hylidae		
<i>Boana albopunctata</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
<i>Boana cinerascens</i>	IUCN	MPC inclui área muito superior a tolerada pela espécie na bacia do Tapajós
<i>Boana wavrini</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
<i>Scinax boesemani</i>	IUCN	MPC inclui área muito superior a tolerada pela espécie na bacia do Tapajós
<i>Scinax fuscomarginatus</i>	IUCN	MPC inclui área muito superior a tolerada pela espécie na bacia do Tapajós
<i>Trachycephalus resinifictrix</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
Família Leptodactylidae		
<i>Leptodactylus longirostris</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
Família Odontophrynidae		
<i>Proceratophrys concavitympanum</i>	MPC RAN	Área da IUCN não inclui registros recentes
Família Phyllomedusidae		
<i>Phyllomedusa bicolor</i>	IUCN	MPC inclui área muito superior a tolerada pela espécie na bacia do Tapajós
<i>Phyllomedusa vaillantii</i>	IUCN	MPC inclui área muito superior a tolerada pela espécie na bacia do Tapajós

Legenda: “IUCN”: International Union for Conservation of Nature; “RAN”: Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios; “MPC”: Mínimo polígono convexo.

7. Anexos

Diversity and Distributions

Edited By: Janet Franklin

Impact Factor: 4.391

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2016: 7/53 (Biodiversity Conservation); 24/153 (Ecology)

Online ISSN: 1472-4642

Associated Title(s): Global Ecology and Biogeography, Journal of Biogeography

1. SUBMISSION

Authors should kindly note that submission implies that the content has not been published or submitted for publication elsewhere except as a brief abstract in the proceedings of a scientific meeting or symposium. All submissions must be concisely and clearly written in grammatically correct English.

Once the submission materials have been prepared in accordance with the Author Guidelines, manuscripts should be submitted online at <https://mc.manuscriptcentral.com/ddi>

The submission system will prompt authors to use an ORCID iD (a unique author identifier) to help distinguish their work from that of other researchers. [Click here to find out more.](#)

[Click here for more details on how to use ScholarOne](#)

For help with submissions, please contact Iris and Nathan from the Editorial Office at ddioffice@wiley.com.

2. AIMS AND SCOPE

Diversity and Distributions publishes papers that deal with conservation biogeography which is defined as "the application of biogeographical principles, theories, and analyses to problems regarding biodiversity conservation" (Whittaker et al. 2005; Diversity and Distributions, 16, 313-320).

Authors considering submitting a paper to Diversity and Distributions are encouraged to read **THIS EDITORIAL** for details on topics that are appropriate for the journal.

3. MANUSCRIPT CATEGORIES AND REQUIREMENTS

The Journal publishes articles under the following main headers: 1) Biodiversity Research, 2) Reviews, 3) Conservation Biogeography Methods, 4) Biodiversions, 5) Biodiversity Viewpoints, 6) Biodiversity Letters. All submissions are subject to peer review.

1) and 2) Biodiversity Research and Reviews. This is the core section of the journal and presents research or review articles up to 5000 words in length or review articles up to 7000 words in length, but preferably shorter (the word limit refers to text from the start of the introduction to the end of the acknowledgements - i.e. excluding the title, abstract, references, figure captions, and tables). The Editor reserves the right to publish long tables and appendices on the journal's website, rather than in the printed version. Such a decision will only be taken after consultation with the author. The manuscript must include an abstract of no more than 300

words structured under the headings: Aim, Location, Methods, Results, Main conclusions. A biosketch entry should be included after the references section (see below).

3) Biodiversity Methods

Presentation of new analytical techniques, or critical evaluation of methods in conservation biogeography. Methods articles are up to 5000 words in length (the word limit refers to text from the start of the introduction to the end of the acknowledgements - i.e. excluding the title, abstract, references, figure captions, and tables). A structured abstract not longer than 300 words with the following headings should be used: Aim, Innovation, Main Conclusions.

4) Biodiversions. These are editorial items solicited directly by the Editor. Unsolicited material will not normally be considered. If you have an idea for such a contribution (up to 2000 words), please contact the Editor, who will provide you with the necessary guidance for submission.

5) Biodiversity Viewpoints. This section contains short essays (usually up to 3000 words) considering biodiversity from a particular disciplinary, regional, political, or other standpoint. If you would like to contribute such an essay, please contact the Editor outlining the distinctive character of your proposed essay, its length, the number of references, and the character of any illustrations to be used. These require a 150-word unstructured abstract, and a list of 6-10 keywords.

6) Biodiversity Letters. This section presents short items (normally less than 1000 words) of general news interest with respect to conservation biogeography, including computer hardware and software developments, films and videos, the law, and political debates. Brief letters to the editor are also welcome. Lively titles are encouraged, and material should be as topical as possible. Longer letters (up to 2500 words in total) prompted by papers previously published in this or occasionally other journals will also be considered. Such longer communications should include a one-paragraph unstructured abstract (150 word maximum), and a list of 6-10 keywords.

4. PREPARING THE SUBMISSION

Cover Letters

A cover letter to the editor, indicating in less than 100 words why this paper is of interest to the readers of the Journal, can be uploaded separately.

Parts of the Manuscript

The manuscript should be submitted in separate files: main text file with embedded figures; supporting information.

LaTeX users do not have to translate their manuscripts into MSWord, but may upload them as PDF files. Any explanatory notes, companion papers etc. for the attention of reviewers should be uploaded under 'Comments to reviewers'.

Main Text File

The text file should be presented in the following order:

- i. Title
- ii. A short running title of less than 40 characters

- iii. The full names of the authors
- iv. The author's institutional affiliations where the work was carried out, with a footnote for the author's present address if different from where the work was carried out
- v. Acknowledgements
- vi. Abstract and keywords
- vii. Main text. The sections of the paper should be presented in the following order: Introduction, Methods, Results, Discussion
- viii. References
- ix. Data Accessibility Statement
- x. Biosketch
- xi. Tables (each table complete with title and footnotes)
- xii. Figure legends and embedded figures
- xiii. Appendices (if relevant)
- xiv. Supporting information should be supplied as separate files.

Title. The title should be short and informative, containing major keywords related to the content. The title should not contain abbreviations (see Wiley's best practice SEO tips).

Authorship. For details on eligibility for author listing, please refer to the journal's Authorship policy outlined in the Editorial Policies and Ethical Considerations section.

Acknowledgements. Contributions from individuals who do not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgements section. Financial and material support should also be mentioned. Thanks to anonymous reviewers are not appropriate.

Conflict of Interest Statement. Authors will be asked to provide a conflict of interest statement during the submission process. See 'Conflict of Interest' section in Editorial Policies and Ethical Considerations for details on what to include in this section. Authors should ensure they liaise with all co-authors to confirm agreement with the final statement.

Abstract and Keywords

Abstracts and keywords are required for some manuscript types. For details on manuscript types that require abstracts and/or keywords, as well as how to prepare them, please refer to the 'Manuscript Categories and Requirements' section. Please provide 6-10 keywords, arranged alphabetically, separated by commas. Note that optimally the most important keywords are repeated in the title and the keywords.

Main Text

The journal uses British spelling; however, authors may submit using either option, as spelling of accepted papers is converted during the production process.

Please ensure that this section is entitled 'METHODS', and not 'MATERIALS AND METHODS'.

References

References are styled according to the sixth edition of the Publication Manual of the American Psychological Association. List all sources in the reference alphabetically by name.

In text citations should follow the author-date method. This means that the author's last name and the year of publication for the source should appear in the text, for example, (Jones, 1998), and a complete reference should appear in the reference list at the end of the paper.

When a work has two authors, cite both names every time the reference occurs in text. When a work has three, four, or five authors, cite all authors the first time the reference occurs; subsequent citations include only the surname of the first author followed by et al., (not italicized and with a period after “al.”) and the year if it is the first citation of the reference within a paragraph.

If there are two or more citations that shorten to the same lead author and date, give as many additional names as needed to identify them, e.g., (Smith, Jones, et al., 1991) and (Smith, Burke, et al., 1991).

Unpublished data, works in preparation and papers submitted but not yet accepted may be cited in the text as personal communication, giving the author's initials and surname, but should not be included in the reference list. It is the author's responsibility to obtain permission from colleagues to include their work as a personal communication. Please add the person's initials, surname and if applicable institute for personal communications.

The basic reference form for a journal paper is: Author (date). Paper title. Journal, Volume, page; and for a book citation: Author (date). Book title. Place of publication, publisher.

Please note that for journal articles, issue numbers are not included unless each issue in the volume begins with page one. Journals names are written out in full.

Please ensure that in the paper titles only proper names are capitalized, and that all scientific binomials are in italics.

Please include up to seven authors in the list (use “&” before last author name). For eight or more authors please list the first six and then use ellipses followed by last author (do not use “&” before last author name)

Journal article:

Light, M. A., & Light, I. H. (2008). The geographic expansion of Mexican immigration in the United States and its implications for local law enforcement. *Law Enforcement Executive Forum Journal*, 8(1), 73–82.

Book:

Goldstein, H. (1990). *Problem-oriented policing*. New York, NY: McGraw-Hill. Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Edited Book:

Gilbert, D. G., McClernon, J. F., Rabinovich, N. E., Sugai, C., Plath, L. C., Asgaard, G., ... Botros, N. (1983). Situational crime prevention: Its theoretical basis and practical scope. In M. Tonry & N. Morris (Eds.), *Crime and justice: An annual review of research* (Vol. 4, pp. 225–256). Chicago, IL: University of Chicago Press.

Biosketch

A Biosketch should be included: a short (30-100 words for one author, or up to 150 words for three authors) description of the research interests of the author(s). For papers with >3 authors, a biosketch should either focus on first author, or should be a general statement of the focus of the research team. Links to authors' web pages may be provided.

Citations to data sources

Some studies (e.g., meta-analyses) use data drawn from multiple published sources. If these sources are not otherwise cited in the main text, they should be listed in one or more appendices with titles similar to the following: "Appendix 1 – Data sources". These data appendices will be printed in the main paper (so that citation indexing services will capture them), but in a reduced font. These appendices should be cited in the main text (e.g. "A list of the data sources is found in Appendix 1.").

Tables

Tables should be self-contained and complement, not duplicate, information contained in the text. They should be supplied as editable files, not pasted as images. Legends should be concise but comprehensive – the table, legend, and footnotes must be understandable without reference to the text, giving the study organism and study location and 'n' values where applicable. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses. All abbreviations must be defined in footnotes.

Figure Legends

Legends should be concise but comprehensive – the figure and its legend must be understandable without reference to the text, to this end both the geographical region and the taxon should be mentioned in each caption. Include definitions of any symbols used and define/explain all abbreviations and units of measurement.

Figures

For review purposes, figures should be embedded at the end of the text file. All illustrations (including photographs and maps) are classified as figures and they should be numbered consecutively as first cited in the text. Panels should be labelled (a), (b), (c), etc. rather than (A), (B), (C) etc. and referred to in the text as, for example, Fig. 1a. Figure legends should be listed at the end of the paper before the embedded figures. Legends should be explicit and informative and should 'stand alone' from the main text, giving the study organism and study location where applicable. All abbreviations should be defined.

[Click here](#) for the basic figure requirements for figures submitted with manuscripts for initial peer review, as well as the more detailed post-acceptance figure requirements.

If and when your paper is accepted for publication, the editorial office will request you to upload your figures as separate files in the format(s) specified below.

Photographic figures should be saved in .tif format at 300 d.p.i. (or failing that in .jpg format with low compression). Line figures should be saved as vector graphics (i.e. composed of lines, curves, points and fonts) in .eps or .pdf format, as this enhances their display when published online. Combination figures (those composed of vector and pixel/raster elements) should also be saved in .eps or .pdf format where possible. If line figures and combination figures cannot be saved in vector graphics format, they should be saved in .tif format at high resolution (i.e. 600–800 d.p.i.) (do not save them in .jpg format). If you are unsure about the resolution of your .tif files, please zoom in and check that fonts, curves and diagonal lines are smooth-edged and do not appear blocky. Note that .tif files are downsampled for online publication and so authors should preferentially opt for vector graphic formats for line and combination figures (full resolution .tif files are used for print publication). Colour figures should be saved in CMYK rather than RGB.

Prepare figures such that, after reduction to print size, all lettering and symbols will be clear and easily read, and such that each figure makes effective use of space. Font size in figures should be 8 pt. To check this, fix the image size in Illustrator to the required column width, and check the font size. Possible figure sizes: single column = 79mm, 2/3rd column = 110mm, double column = 168mm, maximum height of figure = 230mm.

Bar scales for maps and photographs are preferred to numerical scales and must be given on all such items. Maps that display area data and organism distribution at a continental, hemispheric, or world scale must always use an equal-area map projection (e.g. Mollweide or Aitoff's). Note especially that Mercator's projection is not acceptable for such data. Please indicate the precise projection employed in the caption. On these maps, the equatorial scale should be indicated, while scale information should be provided, preferably as a scale bar within the figure, for all maps of whatever size and area; use 'km' or 'kilometres', not 'kilometers'. Maps should include adequate geo-referencing information (preferably the latitude and longitude).

Additional Files

Supporting Information

Supporting information is information that is not essential to the article, but provides greater depth and background. It is hosted online and appears without editing or typesetting. It may include tables, figures, videos, datasets, etc. Click [here](#) for Wiley's FAQs on supporting information.

Note: if data, scripts, or other artefacts used to generate the analyses presented in the paper are available via a publicly available data repository, authors should include a reference to the location of the material within their paper.

Such supporting information should be referred to in the text as, for example, 'see Appendix S1 in Supporting Information'; subsequent mention should be in the form 'see Appendix S2'. Figures and tables in the Supporting Information must be numbered consecutively by Appendix number and figure number: e.g. the first figure in Appendix 1 as Fig. S1.1, the first in Appendix 2 as Fig. S2.2 (if there is only one figure in Appendix 1). All appendices, figures and tables must be cited in the text.

Supporting Information files are hosted by the Publisher in the format supplied by the author and are not copy-edited by the Publisher. It is the responsibility of the author to supply

Supporting Information in an appropriate file format and to ensure that it is accurate and correct. Authors should therefore prepare Supporting Information with the same rigour as their main paper, including adherence to journal style (e.g. formatting of references, figure captions, headings). Sources cited only in the Supporting Information should be listed in a reference section within the supplementary files and not with the main paper. Supporting Information can be provided as separate editable files or, preferably, as one combined file. Authors are discouraged from supplying very large files or files in non-standard file formats, both of which may reduce their use to the readership. At the point a paper is accepted, these files should be prepared without line numbers or wide line spacing, and with all track-change edits accepted.

General Style Points

The following points provide general advice on formatting and style.

- **Abbreviations:** In general, terms should not be abbreviated unless they are used repeatedly and the abbreviation is helpful to the reader. Initially, use the word in full, followed by the abbreviation in parentheses. Thereafter use the abbreviation only. A list of preferred abbreviations can be found here.
- **Units of measurement:** Measurements should be given in SI or SI-derived units. Visit the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) website at www.bipm.fr for more information about SI units.
- **Numbers:** numbers under 10 are spelt out, except for: measurements with a unit (8mmol/l); age (6 weeks old), or lists with other numbers (11 dogs, 9 cats, 4 gerbils).
- **Computer programs:** All software programs should be written in small caps, followed at first mention by the version number (e.g. MRBAYES 3.1.0, Geneious, MEGA, FaBox, PopArt, MrBayes, Tracer, SPaGeDi) and reference. Packages in R should be in roman and quotations (e.g. `vegan`) and the relevant reference provided.

Wiley Author Resources

Manuscript Preparation Tips: Wiley has a range of resources for authors preparing manuscripts for submission available here. In particular, authors may benefit from referring to Wiley's best practice tips on Writing for Search Engine Optimization.

Editing, Translation, and Formatting Support: Wiley Editing Services can greatly improve the chances of a manuscript being accepted. Offering expert help in English language editing, translation, manuscript formatting, and figure preparation, Wiley Editing Services ensures that the manuscript is ready for submission.

Guidelines for Cover Image Submissions: If you would like to send suggestions for artwork related to your manuscript to be considered to appear on the cover of the journal, please follow these general guidelines.

5. EDITORIAL POLICIES AND ETHICAL CONSIDERATIONS

Editorial Review and Acceptance

The acceptance criteria for all papers are the quality and originality of the research and its significance to journal readership. Papers will only be sent to review if the Editor-in-Chief determines that the paper meets the appropriate quality and relevance requirements.

Wiley's policy on confidentiality of the review process is available here.

Referrals to the Open Access Journal "Ecology and Evolution"

This Journal works together with Wiley's Open Access journal Ecology and Evolution, to enable rapid publication of good quality research that we are unable to accept for publication. Authors may be offered the option of having their paper, along with any related reviews, automatically transferred for consideration by the Editors of Ecology and Evolution. Authors will not need to reformat or rewrite their manuscript at this stage, and publication decisions will be made a short time after the transfer takes place. The Editors of Ecology and Evolution will accept submissions that report well-conducted research and which reach the standard acceptable for publication. Accepted papers can be published rapidly, typically within 15 days of acceptance. Ecology and Evolution is a Wiley Open Access journal and article publication fees apply. More information can be found here. Occasionally we refer papers to our sister journals JBI or GEB.

Data Storage and Documentation

Data are important products of the scientific enterprise, and they should be preserved and available for the scientific community. Diversity and Distributions requires that data supporting the results in published papers will presented in Supporting Information, or be archived in an appropriate public archive, such as Dryad, TreeBASE, NERC data centre, GenBank, figshare or another archive of the author's choice that provides comparable access and guarantee of preservation. Authors may elect to have the data made publicly available at time of publication or, if the technology of the archive allows, may opt to embargo access to the data for a period of up to a year after publication. Exceptions, including longer embargoes or an exemption from the requirement, may be granted at the discretion of the editor, especially for sensitive information such as confidential social data or the location of endangered species. Authors should provide a consolidated statement of how readers can access the data used in their paper in a statement before the Biosketch entry. A typical entry might read as follows:

DATA ACCESSIBILITY

All topographic and environmental GIS layers, the habitat suitability model and BTM results generated for this study are available as raster grids from the Pangaea database: <http://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.808540>.

Policy on the use of RAPD Markers

The appropriateness of RAPD markers for population genetic inference is increasingly questioned by our reviewers and editors because of concerns about reproducibility, dominance, and homology. Given these worries, and the ready availability of other kinds of markers that do not suffer from all of these problems, studies based primarily on RAPDs only rarely pass the scrutiny of peer review in Diversity and Distributions. Of course, there may be situations in which RAPDs are appropriate, such as in genetic mapping studies or in searches for diagnostic markers for a given species or trait. These latter kinds of studies will continue to be reviewed by the journal.

Sequence Data

Sequence data have to be submitted in electronic form to any one of the three major collaborative databases: DDBJ, EMBL, or GenBank. The suggested wording for referring to accession-number information is: 'These sequence data have been submitted to the DDBJ/EMBL/GenBank databases under accession number U12345'. Addresses are as follows:

- DNA Data Bank of Japan (DDBJ) www.ddbj.nig.ac.jp
- EMBL Nucleotide Archive: ebi.ac.uk/ena
- GenBank www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank

Collecting permission and the Nagoya Protocol

Authors must ensure that any data utilised in the submitted manuscript have been lawfully acquired in accordance with The Nagoya Protocol on Access to Genetic Resources and the Fair and Equitable Sharing of Benefits Arising from Their Utilization to the Convention on Biological Diversity. It is recommended that it is explicitly stated that the relevant fieldwork permission was obtained, and to list the permit numbers, in Materials and Methods or the Acknowledgements.

Species Names

Upon its first use in the title, abstract, and text, the common name of a species should be followed by the scientific name (genus, species) in parentheses. For well-known species, however, scientific names may be omitted from article titles. If no common name exists in English, only the scientific name should be used. For the focal species in the study, the authority(ies) should be provided at the first mention in the main text, in the format specified by the relevant code.

Conflict of Interest

The journal requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship, financial or otherwise that might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or directly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include, but are not limited to: patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company. The existence of a conflict of interest does not preclude publication. If the authors have no conflict of interest to declare, they must also state this at submission. It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and collectively to disclose with the submission ALL pertinent commercial and other relationships.

Funding

Authors should list all funding sources in the Acknowledgements section. Authors are responsible for the accuracy of their funder designation. If in doubt, please check the Open Funder Registry for the correct nomenclature: <https://www.crossref.org/services/funder-registry/>

Authorship

The list of authors should accurately illustrate who contributed to the work and how. All those listed as authors should qualify for authorship according to all of the following criteria:

1. Have made substantial contributions to conception and design, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data;
2. Been involved in drafting the manuscript or revising it critically for important intellectual content;
3. Given final approval of the version to be published. Each author should have participated sufficiently in the work to take public responsibility for appropriate portions of the content; and
4. Agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Contributions from anyone who does not meet the criteria for authorship should be listed, with permission from the contributor, in an Acknowledgements section (for example, to recognize contributions from people who provided technical help, collation of data, writing assistance, acquisition of funding, or a department chairperson who provided general support). Prior to submitting the article all authors should agree on the order in which their names will be listed in the manuscript.

Additional Authorship Options: Joint first or senior authorship: In the case of joint first authorship, a footnote should be added to the author listing, e.g. ‘X and Y should be considered joint first author’ or ‘X and Y should be considered joint senior author.’

ORCID

As part of the journal’s commitment to supporting authors at every step of the publishing process, the journal requires the submitting author (only) to provide an ORCID iD when submitting a manuscript. This takes around 2 minutes to complete. Find more information here.

Publication Ethics

This journal is a member of the Committee on Publication Ethics (COPE). Note this journal uses iThenticate’s CrossCheck software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. Read the Top 10 Publishing Ethics Tips for Authors here. Wiley’s Publication Ethics Guidelines can be found at authorservices.wiley.com/ethics-guidelines/index.html.

6. AUTHOR LICENSING

If a paper is accepted for publication, the author identified as the formal corresponding author will receive an email prompting them to log in to Author Services, where via the Wiley Author Licensing Service (WALS) they will be required to complete a copyright license agreement on behalf of all authors of the paper.

Authors may choose to publish under the terms of the journal’s standard copyright agreement, or OnlineOpen under the terms of a Creative Commons License.

General information regarding licensing and copyright is available here. To review the Creative Commons License options offered under OnlineOpen, please click here. (Note that certain funders mandate a particular type of CC license be used; to check this please click here.)

Self-Archiving Definitions and Policies: Note that the journal's standard copyright agreement allows for self-archiving of different versions of the article under specific conditions. Please click here for more detailed information about self-archiving definitions and policies.

Open Access fees: Authors who choose to publish using OnlineOpen will be charged a fee. A list of Article Publication Charges for Wiley journals is available here.

Funder Open Access: Please click here for more information on Wiley's compliance with specific Funder Open Access Policies.

7. PUBLICATION PROCESS AFTER ACCEPTANCE

Accepted Article Received in Production

When an accepted article is received by Wiley's production team, the corresponding author will receive an email asking them to login or register with Wiley Author Services. The author will be asked to sign a publication license at this point.

Proofs

Once the paper is typeset, the author will receive an email notification with the URL to download a PDF typeset page proof, as well as associated forms and full instructions on how to correct and return the file.

Please note that the author is responsible for all statements made in their work, including changes made during the editorial process – authors should check proofs carefully. Note that proofs should be returned within 48 hours from receipt of first proof.

At proof correction stage authors will be given access to their Supporting Information (via the web) and should check it for accuracy and updates. If changes are required, corrected versions of the files that were received with the proof must be emailed to the Production Editor, with a brief description of the changes made. Supporting Information must be checked alongside the main proof and corrections for both returned to the Production Editor at the same time.

Publication Charges

Colour figures. Colour figures may be published online free of charge; however, the journal charges for publishing figures in colour in print. If the author supplies colour figures, they will be sent a Colour Work Agreement once the accepted paper moves to the production process. If the Colour Work Agreement is not returned by the specified date, figures will be converted to black and white for print publication.

Please note that the vast majority of readers access the digital versions of the journal; printed copies are increasingly rare. For the convenience of readers, we ask that you design your colour artwork so that it can be understood as best as possible in greyscale. Note that the same figure file must be used for both the print and online versions (we do not accept differing colour and black-and-white versions of the same figure).

Early View

The journal offers rapid publication via Wiley's Early View service. Early View (Online Version of Record) articles are published on Wiley Online Library before inclusion in an issue. Note there may be a delay after corrections are received before the article appears online, as Editors also need to review proofs. Once the article is published on Early View, no further changes to the article are possible. The Early View article is fully citable and carries an online publication date and DOI for citations.

8. POST PUBLICATION

Access and Sharing

When the article is published online:

- The author receives an email alert (if requested).
- The link to the published article can be shared through social media.
- The author will have free access to the paper (after accepting the Terms & Conditions of use, they can view the article).
- The corresponding author and co-authors can nominate up to ten colleagues to receive a publication alert and free online access to the article.

Print copies of the article can now be ordered (instructions are sent at proofing stage or use the below contact details). Email offprint@cosprinters.com

To find out how to best promote an article, [click here](#).

Measuring the Impact of an Article

Wiley also helps authors measure the impact of their research through specialist partnerships with Kudos and Altmetric.

9. EDITORIAL OFFICE CONTACT DETAILS

Iris and Nathan

ddioffice@wiley.com