

Modelagem do nicho ecológico de *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): previsão de novas áreas de ocorrência para uma espécie rara

Ecological modelling of *Phyllomedusa ayeaye* (Anura: Hylidae): prediction of new occurrence areas for a rare species

João G. R. Giovanelli^{1,2*}
jgiovanelli@gmail.com

Cybele O. Araujo³
cyaraujo@iflorestal.sp.gov.br

Célio F. B. Haddad²
haddad@rc.unesp.br

João Alexandrino²
jalex@rc.unesp.br

Resumo

A perereca *Phyllomedusa ayeaye* é uma espécie rara. Com distribuição na região sudeste do Brasil praticamente desconhecida, é considerada um dos anuros mais ameaçados do país. Através de modelagem de nicho ecológico baseada em apenas três pontos de ocorrência conhecidos, foram gerados mapas preditivos da distribuição desta espécie que permitem direcionar novos levantamentos para áreas de ocorrência previstas pelo modelo. Este é o primeiro estudo no Brasil usando modelagem de nicho ecológico como ferramenta para prever a distribuição de uma espécie de anfíbio anuro rara e ameaçada.

Palavras-chave: algoritmos, conservação, Cerrado, espécies ameaçadas, distribuição geográfica, openModeller.

Abstract

The tree-frog *Phyllomedusa ayeaye* is a rare species. With its distribution mostly unknown in the southeastern region of Brazil, it is considered one of the most threatened anurans in the country. Here we use ecological niche modelling from only three known occurrence points to produce predictive maps of the distribution of this species, which should help target new field surveys in areas of occurrence predicted by the model. This is the first study in Brazil that uses ecological niche modelling as a tool for predicting the distribution of rare and threatened amphibian anuran species.

Key words: algorithms, conservation, Cerrado, threatened species, geographic distribution, openModeller.

¹ Universidade Estadual Paulista - Rio Claro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, área Zoologia, Instituto de Biociências, Caixa Postal 199, 13506-970, Rio Claro, SP, Brasil.

² Universidade Estadual Paulista, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Caixa Postal 199, 13506-970, Rio Claro, SP, Brasil.

³ Instituto Florestal, Seção de Ecologia Florestal, Rua do Horto, 931, Horto Florestal, 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

Introdução

A conservação das espécies exige tanto o conhecimento detalhado sobre sua história natural e sua biologia quanto informações sobre a sua distribuição geográfica e seu potencial de ocorrência (Papes e Gaubert, 2007). Poucos estudos sobre distribuição geográfica da fauna brasileira foram realizados, especialmente nos biomas da Mata Atlântica e do Cerrado, que são considerados *hotspots* mundiais da biodiversidade (Myers *et al.*, 2000). Neste contexto, o desenvolvimento de modelos de nicho ecológico pode ser importante para investigar padrões e processos biogeográficos, possibilitando a previsão da distribuição geográfica de espécies a partir de dados esparsos de ocorrência (Guisan e Thuiller, 2005). Adicionalmente, este tipo de abordagem permite explorar diversas questões em ecologia, evolução e conservação, como: (i) definir áreas prioritárias para conservação (Garcia, 2006), (ii) analisar o potencial de invasão de uma espécie exótica (Peterson e Vieglais, 2001; Nyari *et al.*, 2006; Giovanelli *et al.*, 2008) e (iii) indicar a distribuição geográfica de uma espécie no passado (Hugall *et al.*, 2002) e (iv) fazer previsões sobre a sua distribuição futura (Siqueira e Peterson, 2003). A maioria dos estudos de modelagem de nicho ecológico tem focado espécies de ampla distribuição geográfica (e.g. Siqueira e Durigan, 2007; Phillips *et al.*, 2006; Ron, 2005). Recentemente, trabalhos sobre distribuição geográfica potencial de espécies raras e/ou de distribuição restrita foram publicados (e.g. Engler *et al.*, 2004; Guisan *et al.*, 2006; Peterson e Papes, 2006; Young, 2007; Papes e Gaubert, 2007), o que contribuiu para uma melhor avaliação da importância destas espécies no planejamento e na adoção de estratégias de conservação (Slatyer *et al.*, 2007). A modelagem de nicho ecológico poderá constituir uma abordagem importante e necessária em países como o Brasil, onde

ainda é comum o desconhecimento da distribuição geográfica de várias espécies raras, sendo que muitas dessas encontram-se provavelmente ameaçadas de extinção. É importante salientar que os resultados obtidos a partir dos estudos de modelagem de nicho ecológico não podem ser considerados como inequívocos, sendo necessária a sua verificação através de coletas de campo para assegurar que as decisões mais adequadas sejam adotadas (Costa *et al.*, 2007).

O Brasil é um dos países com maior diversidade de anfíbios, com aproximadamente 825 espécies descritas (SBH, 2008). Segundo a última revisão da lista dos anfíbios brasileiros ameaçados de extinção, foram listadas 15 espécies de anfíbios anuros nas categorias de ameaça e uma espécie foi considerada extinta (Haddad, 2005). Entre elas, nove espécies foram consideradas criticamente em perigo, sendo que sete dessas apresentam distribuição restrita a somente uma localidade nos estados do Rio de Janeiro, de São Paulo e de Minas Gerais (Haddad, 2005; Silvano e Segalla, 2005).

O conhecimento atual sobre a biologia, a distribuição e a conservação da anurofauna brasileira é ainda muito restrito. A perereca *Phyllomedusa ayeaye* (B. Lutz, 1966) era até há pouco tempo atrás somente conhecida de sua localidade tipo no Morro do Ferro (21°48'50"S, 46°35'13"O), município de Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais. Esta espécie consta como criticamente em perigo na lista das espécies de anfíbios brasileiros ameaçados de extinção (Haddad, 2005), sendo citada também no livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais (Nascimento, 1998). As causas que ameaçam a espécie são principalmente a sua ocorrência em uma área restrita com intensa atividade antrópica e excluída dos limites de unidades de conservação. Recentemente, novas expedições de campo entre a divisa dos Estados de São Paulo e Minas Gerais permitiram os registros da ocorrência de *P. aye-*

aye no Parque Nacional da Serra da Canastra (20°13'15"S, 46°28'02"O), São Roque de Minas, Estado de Minas Gerais, e no Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus (20°13'45"S, 47°26'36"O), no município de Pedregulho, sendo este o primeiro registro para o Estado de São Paulo (Araujo *et al.*, 2007). Apesar da descrição de alguns aspectos ecológicos de *P. ayeaye* (ver Cardoso *et al.*, 1989), informações detalhadas sobre a ecologia, o comportamento e a distribuição desta espécie ainda são escassas.

O trabalho tem como objetivos (i) usar modelos de nicho ecológico de *P. ayeaye* para prever novas áreas de ocorrência desta espécie na região sudeste do Brasil e (ii) verificar se a distribuição de unidades de conservação nesta região é suficiente para proteger e conservar a espécie. Assim, esperamos contribuir para direcionar novos esforços de coleta para possíveis áreas de ocorrência previstas pelo modelo, assim como indicar áreas potencialmente importantes para conservação.

Material e métodos

Dados de ocorrência e variáveis ambientais

Foram usados três pontos de ocorrência conhecidos de *P. ayeaye* para produzir o modelo de nicho ecológico. Estas localidades de ocorrências foram extraídas do banco de dados da Coleção de Anfíbios "Célio F. B. Haddad" (CFBH), Departamento de Zoologia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" – campus Rio Claro. As coordenadas geográficas destes pontos foram registradas com auxílio de um GPS no local de ocorrência da espécie. Estes pontos também foram inseridos no aplicativo DIVA-GIS (Hijmans *et al.*, 2002) juntamente com os *layers* dos municípios e das localidades do Brasil para verificação de possíveis erros de posicionamento geográfico. Foram utilizadas 19 variáveis bioclimáticas e uma variável topográfica

(altitude), ambas com resolução espacial de 2,5' (aproximadamente cinco quilômetros). Estas variáveis, derivadas de dados de temperatura e pluviosidade, são resultantes de interpolações de dados climáticos do período de 1950 a 2000, obtidos em estações meteorológicas localizadas em várias localidades da América do Sul (Hijmans *et al.*, 2005; Worldclim, 2006, disponível em <http://www.worldclim.org>). A altitude foi extraída do banco de dados *U.S. Geological Survey's Hydro-1K* (Hydro-1K, 2008, disponível em <http://eros.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>).

Desenvolvimento dos modelos

A modelagem de nicho ecológico foi desenvolvida em formato de experimento no programa *openModeller*. Este aplicativo é uma ferramenta livre de código aberto para modelagem de distribuição espacial desenvolvida pelo Centro de Referência em Informação Ambiental – CRIA (*openModeller*, 2008, disponível em <http://openmodeller.sourceforge.net/>). O experimento consistiu no uso de cinco algoritmos distintos que associam a informação geográfica de pontos de ocorrência (latitude/longitude) com variáveis ambientais, como superfícies de variáveis bioclimáticas e de altitude para gerar modelos de distribuição geográfica potencial.

Foram utilizados os algoritmos *BIOCLIM* (Nix, 1986), *Envelope Score* (Piñeiro *et al.*, 2007), *Climate Space Model*, *Distance to Average* e *Minimum Distance*. Os três últimos algoritmos não possuem literatura disponível por terem sido recentemente criados para aplicação em modelagem de nicho ecológico, no entanto, informações gerais podem ser encontradas no sítio do aplicativo *openModeller* (disponível em <http://openmodeller.sourceforge.net/>). De forma geral, todos os algoritmos utilizam o conceito de distância ambiental, que, através dos pontos de ocorrência conhecidos, calcula a similaridade ambiental no

espaço multidimensional. Estes algoritmos também têm sido usados para gerar modelos de distribuição de espécies raras e/ou com poucas localidades de ocorrência conhecidas (Peterson e Papes, 2006).

Devido à disponibilidade de somente três pontos de ocorrência de *P. ayeaye*, não foi possível validar o modelo usando índices de AUC e Kappa e/ou partição dos dados para criação de subconjuntos de teste e de treino (e.g. Fielding e Bell, 1997; Manel *et al.*, 2001). Assim, os modelos gerados deverão ser utilizados apenas para uma análise preliminar da distribuição potencial da espécie.

Mapa final

Foi gerado um mapa de distribuição potencial de *P. ayeaye* para cada algoritmo. Como estes modelos são baseados na premissa geral de distância ambiental, foi criado um mapa consensual final a partir dos cinco modelos com a função *hotspots* do aplicativo *openModeller*. Esta função aplica um critério de maior probabilidade de ocorrência para aquelas áreas previstas que apresentam maior frequência nos cinco modelos. Sobre este mapa final foram representados os limites das unidades de conservação dos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Resultados

Os cinco modelos produziram previsões distintas para a distribuição potencial de *P. ayeaye* na região sudeste do Brasil (Figura 1). Mapas com áreas amplas de distribuição prevista foram gerados pelos modelos *Climate Space Model* e *Envelope Score* (Figuras 1A-B). O modelo *Climate Space Model* previu áreas extensas de ocorrência também para o sul do Estado de São Paulo, em região próxima à divisa com o Estado do Paraná. Mapas de ocorrência prevista mais restrita foram gerados pelos modelos *BIOCLIM*, *Distance to Average* e *Minimum Distance* (Figuras 1C-D). O modelo gera-

do com o *BIOCLIM* é o mais restrito, não prevendo muitas áreas além dos pontos de ocorrência conhecidos.

O mapa consensual, que combina o resultado dos modelos que geraram amplas áreas de distribuição (*Climate Space Model* e *Envelope Score*) com os modelos restritos (*BIOCLIM*, *Distance to Average* e *Minimum Distance*), mostra duas áreas principais de ocorrência potencial da espécie (Figura 2). A primeira corresponde à divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo. A segunda estende-se da região sul de Minas Gerais até a capital do Estado, nas proximidades de Belo Horizonte.

O mapa de consenso mostra que relativamente poucas unidades de conservação ocorrem nas áreas de distribuição potencial de *P. ayeaye* prevista pelos modelos (Figura 2). No Estado de São Paulo, essas unidades correspondem às florestas estaduais de Batatais e Cajuru, às estações ecológicas de Ribeirão Preto e Itirapina e à Reserva Estadual de Águas da Prata. No Estado de Minas Gerais, as seguintes unidades estão sobrepostas à provável ocorrência de *P. ayeaye*: áreas de proteção ambiental da Serra da Mantiqueira e do Morro da Pedreira e os parques nacionais da Serra do Cipó e do Sempre-Vivas.

Discussão

A aplicação de métodos de modelagem ecológica para a previsão da ocorrência de espécies raras (e.g. Guisan e Zimmermann, 2000; Elith e Burgman, 2002; Peterson e Papes, 2006) é problemática pela dificuldade ou mesmo pela impossibilidade de validação estatística destes modelos. Assim, o mapa final gerado a partir da experimentação feita com os algoritmos de distância do aplicativo *openModeller* não deve ser interpretado como um mapa probabilístico de ocorrência de *P. ayeaye* na região sudeste do Brasil. Os resultados revelam apenas novas áreas de ocorrência potencial que apresentam condições ambientais si-

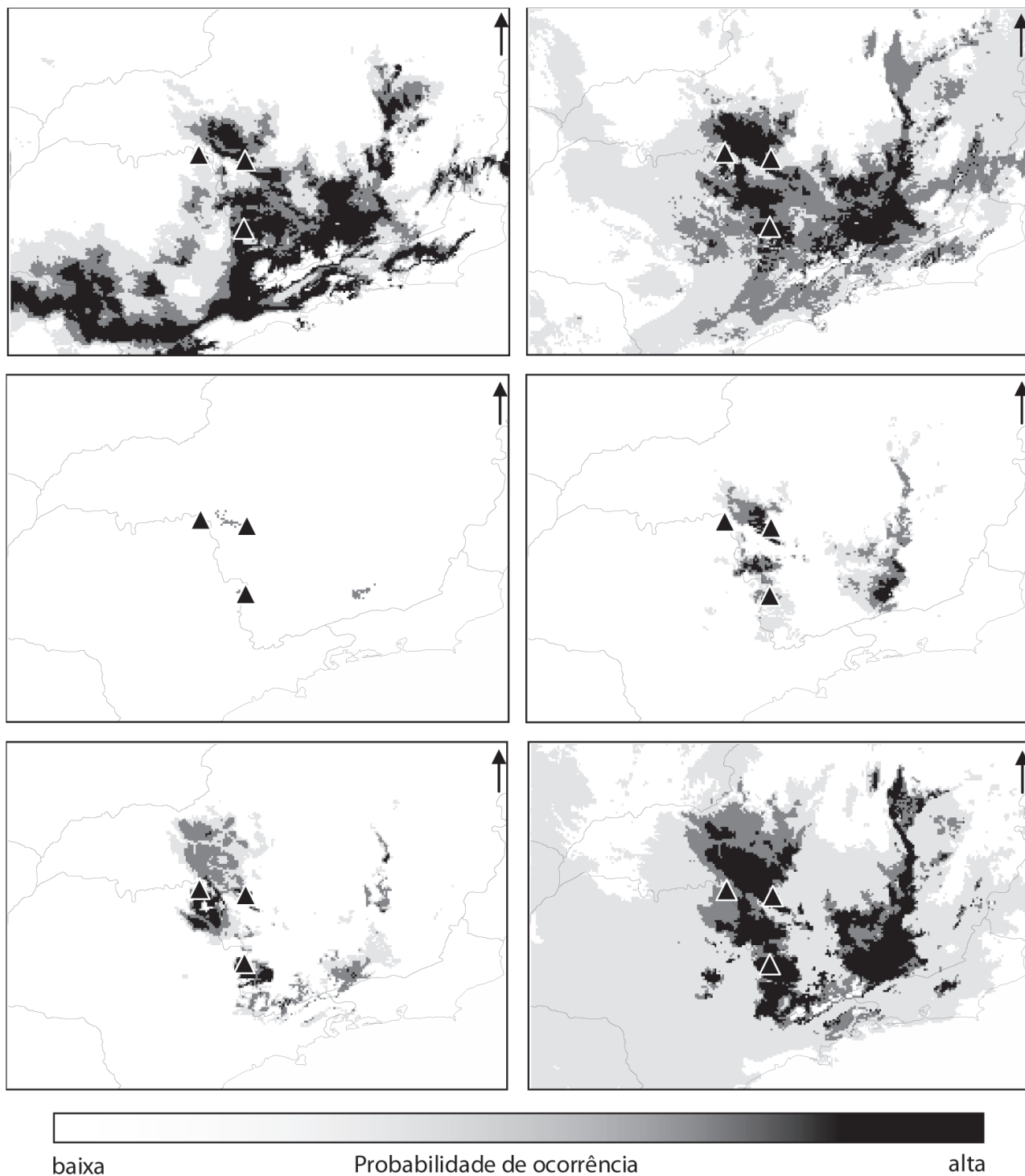


Figura 1. Modelagem do nicho ecológico e distribuição potencial de *Phyllomedusa ayeaye* na região sudeste do Brasil. **A-E.** Algoritmos: *Climate Space Model* (A), *Envelope Score* (B), *BIOCLIM* (C), *Distance to Average* (D) e *Minimum Distance* (E); **F.** Mapa de consenso entre todos os algoritmos. Triângulos indicam as localidades de ocorrência utilizadas no experimento de modelagem de nicho ecológico.

Figure 1. Ecological niche modelling and potential distribution of *Phyllomedusa ayeaye* in southern Brazil. **A-E.** Algorithms: *Climate Space Model* (A), *Envelope Score* (B), *BIOCLIM* (C), *Distance to Average* (D) and *Minimum Distance* (E); **F.** Consensus map between all the algorithms. Triangles represent occurrence localities used for ecological niche modelling.

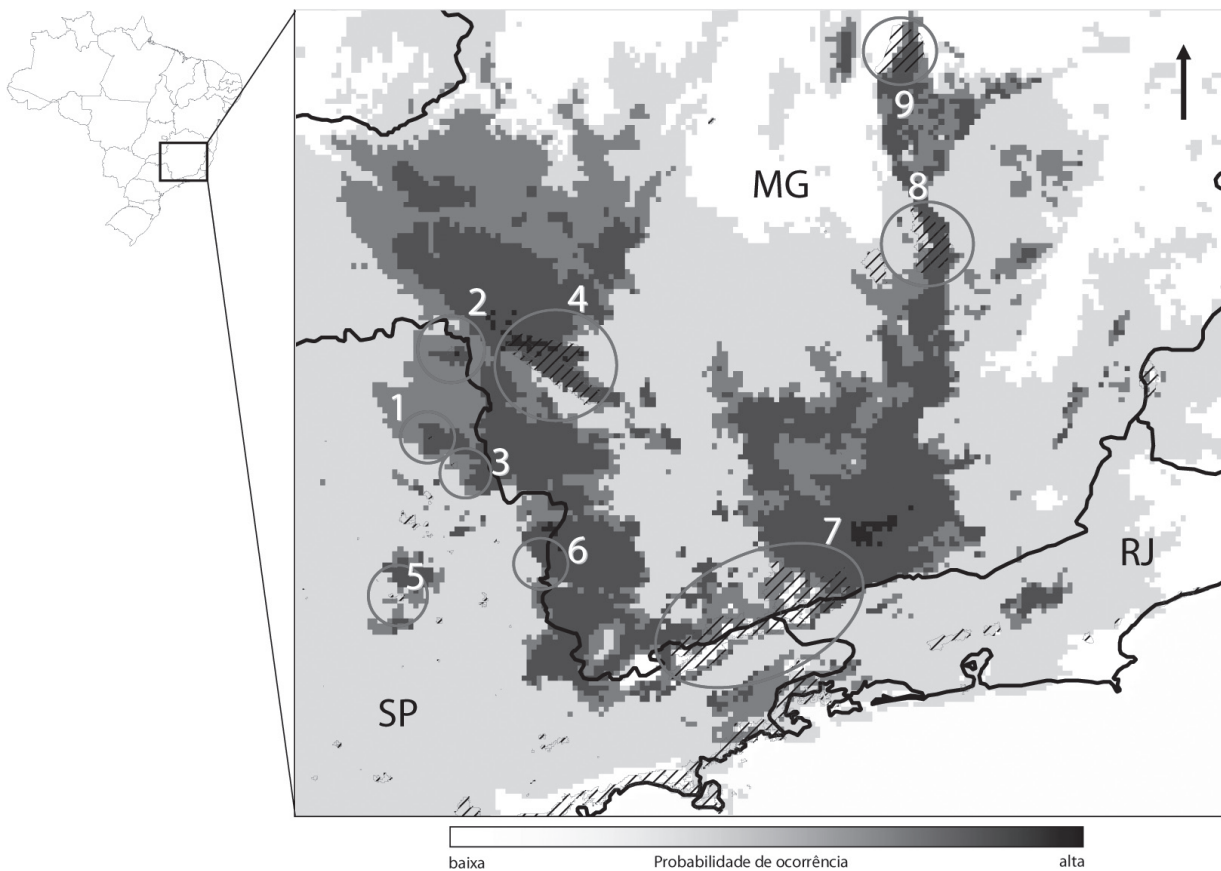


Figura 2. Mapa de consenso para a distribuição potencial de *Phyllomedusa ayeaye* na região sudeste do Brasil prevista a partir da modelagem de nicho ecológico com os algoritmos *BIOCLIM*, *Climate Space Model*, *Distance to Average*, *Envelope Score* e *Minimum Distance*. As áreas dentro de círculos delimitam as unidades de conservação que ocorrem nas áreas de distribuição da espécie: 1. Floresta Estadual de Batatais; 2. Parque Estadual Furnas do Bom Jesus; 3. Floresta Estadual de Cajuru; 4. Parque Nacional da Serra da Canastra; 5. Estação Ecológica de Itirapina; 6. Reserva Estadual de Águas da Prata; 7. Área de Proteção Ambiental da Mantiqueira; 8. Parque Nacional da Serra do Cipó; e 9. Parque Nacional das Sempre-Vivas.

Figure 2. Consensus map for the potential distribution of *Phyllomedusa ayeaye* in southern Brazil, predicted from ecological niche modeling with the algorithms *BIOCLIM*, *Climate Space Model*, *Distance to Average*, *Envelope Score* and *Minimum Distance*. Outlined areas within circles represent the limits of protected wildlife parks and reserves that comprehend areas of the predicted species distribution: 1. Floresta Estadual de Batatais; 2. Parque Estadual Furnas do Bom Jesus; 3. Floresta Estadual de Cajuru; 4. Parque Nacional da Serra da Canastra; 5. Estação Ecológica de Itirapina; 6. Reserva Estadual de Águas da Prata; 7. Área de Proteção Ambiental da Mantiqueira; 8. Parque Nacional da Serra do Cipó and 9. Parque Nacional das Sempre-Vivas.

milares aos três pontos de ocorrência conhecida da espécie. Apesar de corresponder a um modelo simplificado, i.e., baseado no conceito de similaridade ambiental, o mapa preditivo pode direcionar novas amostragens para áreas com alta probabilidade de ocorrência da espécie de interesse. Os algoritmos usados neste trabalho produziram resultados distintos. *BIOCLIM* omitiu áreas similares àquelas dos pontos de ocorrência da espécie. *Climate Space Model* e *Envelope Score* demonstraram provável sobre-

previsão, i.e., previsão em excesso de áreas de ocorrência potencial da espécie. Como o objetivo é modelar a distribuição de uma espécie rara, os resultados destes dois modelos pareceram exagerar na previsão da área potencial de ocorrência da espécie ao incluir regiões extensas no Estado de São Paulo e de Minas Gerais. Os algoritmos *Minimum Distance* e *Distance to Average* foram mais conservadores ao estimar áreas de ocorrência potencial para a espécie, provavelmente balanceando os erros de omissão

(previsão de não ocorrência em áreas onde a espécie está presente) e de sobreprevisão (previsão de ocorrência onde a espécie está ausente). O mapa final consensual é um compromisso entre os eventuais erros de omissão do *BIOCLIM*, os eventuais erros de sobreprevisão do *Climate Space Model* e do *Envelope Score* e os resultados mais conservadores do *Minimum Distance* e *Distance to Average*, devendo constituir uma previsão equilibrada para a ocorrência de *P. ayeaye*. Desde 1966, a espécie *P. ayeaye* era

conhecida somente da sua localidade tipo no Morro do Ferro, município de Poços de Caldas, estado de Minas Gerais, uma zona fortemente antropizada, localizada em uma região sem áreas protegidas. Somente no início desta década, a espécie foi encontrada no município de Pedregulho, Estado de São Paulo e no município de São Roque de Minas, Minas Gerais (Araujo *et al.*, 2007). Estas duas novas localidades de ocorrência estão em unidades de conservação, a primeira, no Parque Furnas do Bom Jesus e a segunda, no Parque Nacional da Serra da Canastra. De acordo com o modelo preditivo gerado neste trabalho, nove unidades de conservação apresentam potencial para ocorrência desta espécie, sendo quatro unidades de Uso Sustentável e cinco unidades de Proteção Integral. A confirmação da ocorrência de *P. ayeaye* nestas localidades contribuiria para a validação do modelo aqui apresentado, além de sua importância para os planos de manejo das unidades de conservação pela adição de uma espécie rara e ameaçada à lista de espécies que ali ocorrem. Entretanto, é pouco provável que *P. ayeaye* ocorra na região da Estação Ecológica de Itirapina e do Parque Nacional da Serra do Cipó (cf. Brasileiro *et al.*, 2005; Eterovic e Sazima, 2004). Este provável erro de sobreprevisão do modelo de distribuição poderia ser explicado pelo uso de variáveis ambientais para estimar o nicho ecológico potencial da espécie, negligenciando, por exemplo, a informação sobre o uso do solo e/ou cobertura vegetal. Por outro lado, a ausência de *P. ayeaye* em áreas previstas pelo modelo pode estar relacionada com a ocorrência de espécies filogeneticamente próximas (espécies-irmãs) nos mesmos habitats e sítios reprodutivos que *P. ayeaye*. O relato da ausência desta espécie no Parque Nacional da Serra do Cipó (Eterovic e Sazima, 2004) possivelmente deve-se ao fato da presença de uma espécie-irmã nesta localidade, a *Phyllomedusa megacephala*. Isto não implica necessariamente que as duas espécies tenham estado

em algum momento em competição direta por recursos do hábitat. Poderia ser simplesmente o resultado de especiação alopatrica em topos de montanha distintos, resultando em áreas de ocorrência mutuamente exclusivas. A modelagem de nicho ecológico pode ser uma ferramenta fundamental para direcionar levantamentos futuros e estimar áreas de ocorrência de vários organismos (Pearson *et al.*, 2007). Para tal, é imprescindível maximizar a utilidade das informações contida nos banco de dados e nas coleções biológicas brasileiras. Considerando o fato de que o tempo e os recursos financeiros são limitados para a formulação de políticas públicas relacionadas à conservação, as decisões precisam ser muitas vezes baseadas nos dados disponíveis. O estudo utilizou tecnologias amplamente acessíveis como o aplicativo de uso livre de modelagem de nicho ecológico – *openModeller* – e mapas de variáveis ambientais disponíveis na internet (Hijmans *et al.*, 2005) para estimar de forma preliminar a distribuição potencial de *P. ayeaye* na região sudeste do Brasil. A partir deste estudo, o primeiro usando modelagem de nicho ecológico como ferramenta para prever a distribuição de uma espécie de anuro rara e ameaçada no Brasil, várias localidades podem ser exploradas de forma direcionada com o objetivo de efetuar novos registros de ocorrência da espécie. Abordagens semelhantes têm sido úteis para descobrir espécies raras de plantas (Bourg *et al.*, 2005) e também foram já utilizadas na ilha de Madagascar para a descoberta de várias espécies desconhecidas de camaleões (Raxworthy *et al.*, 2003). Esperamos que os resultados contribuam para melhorar o conhecimento escasso sobre a distribuição geográfica de *P. ayeaye* com a possível descoberta de novas localidades de ocorrência que permitam retirar a espécie da categoria criticamente em perigo da Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção.

Agradecimentos

Agradecemos a Marinez Ferreira de Siqueira pelas sugestões e ajuda nas análises e também à FAPESP e ao CNPq por financiarem o Laboratório de Herpetologia. J.G.R. Giovanelli agradece à NatureServe e ao CNPq (# 130315/2007-9) pelos financiamentos e bolsa de estudo. C.O. Araujo agradece ao Instituto Florestal pelo suporte logístico e financeiro. J. Alexandrino agradece à FAPESP (# 05/52727-5). C.F.B. Haddad agradece à FAPESP e ao CNPq pelos auxílios concedidos.

Referências

- ARAUJO, C.O.; CONDEZ, T.H.; HADDAD, C.F.B. 2007. Amphibia, Anura, *Phyllomedusa ayeaye* (B. Lutz, 1966): Distribution extension, new state record and geographic distribution map. *Check List*, **3**:156-158.
- BOURG, N.A.; MCSHEA, W.J.; GILL, D.E. 2005. Putting a CART before the search: successful habitat prediction for a rare forest herb. *Ecology*, **86**:2793-2804.
- BRASILEIRO, C.A.; SAWAYA, R.J.; KIEFER, M.C.; MARTINS, M. 2005. Amphibians of an open cerrado fragment in southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, **5**. Disponível em <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article+BN00405022005>; acesso em: 11/01/2008.
- CARDOSO, A.J.; ANDRADE, G.V.; HADDAD, C.F.B. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, **49**:241-249.
- COSTA, G.C.; NOGUEIRA, C.; MACHADO, R.B.; COLLI, G.R. 2007. Squamate richness in the Brazilian Cerrado and its environmental-climatic associations. *Diversity & Distributions*, **13**:714-724.
- ELITH, J.; BURGMAN, M. 2002. Predictions and their validation: Rare plants in the Central Highlands, Victoria. In: J.M. SCOTT, P.J. HEGGLUND; M.L. MORRISON (eds.), *Predicting Species Occurrences: Issues of Scale and Accuracy*. Washington, Island Press, p. 303-313.
- ENGLER, R.; GUISAN, A.; RECHSTEINER, L. 2004. An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology*, **41**:263-274.
- ETEROVIC, P.C.; SAZIMA, I. 2004. *Anfíbios da Serra do Cipó, Minas Gerais – Brasil*. Belo Horizonte, PUC Minas, 152 p.
- FIELDING, A.H.; BELL, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, **24**:38-49.

- GARCIA, A. 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation*, **130**:25-46.
- HYDRO-1K. 2008. Hydro1k Elevation Derivative Database - U.S. Geological Survey. Disponível em <http://eros.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/index.html>, acesso em 24/09/2007.
- GIOVANELLI, J.G.R.; HADDAD, C.F.B.; ALEXANDRINO, J. 2008. Predicting the potential distribution of the alien invasive American bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in Brazil. *Biological Invasions*, **10**:585-590.
- GUIBAN, A.; BROENNIMANN, O.; ENGLER, R.; VUST, M.; YOCCOZ, N.G.; LEHMANN, A.; ZIMMERMANN, N.E. 2006. Using niche-based models to improve the sampling of rare species. *Conservation Biology*, **20**:501-11.
- GUIBAN, A.; THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, **8**:993-1009.
- GUIBAN, A.; ZIMMERMANN, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, **135**:147-186.
- HADDAD, C.F.B. 2005. Anfíbios. In: A.B.M. MACHADO; C.S. MARTINS; G.M. DRUMOND (eds.), *Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção*. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, p. 61-63.
- HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES, P.G.; JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, **25**:1965-1978.
- HIJMANS, R.J.; GUARINO, L.; ROJAS, E. 2002. *DIVA-GIS. A geographic information system for the analysis of biodiversity data. Manual*. Lima, International Potato Center, 73 p.
- HUGALL, A.; MORITZ, C.; MOUSSALLI, A.; STANISIC, J. 2002. Reconciling paleodistribution models and comparative phylogeography in the Wet Tropics. *PNAS*, **99**:6112-6117.
- MANEL, S.; WILLIAMS, H.C.; ORMEROD, S.J. 2001. Evaluating presence-absence models in ecology: the need to account for prevalence. *Journal of Applied Ecology*, **38**:921-931.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**:853-858.
- NASCIMENTO, L.B. 1998. Phylomedusa aye-aye (B. Lutz, 1966). In: A.B.M. MACHADO, G.A.B. FONSECA, R.B. MACHADO, L.M.S. AGUIAR; L.V. LINS (eds.), *Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais*. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, p. 453-455.
- NIX, H.A. 1986. A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. In: R. LONGMORE (ed.), *Atlas of Elapid Snakes of Australia*. Canberra, Australian Government Publishing Service, 415 p.
- NYARI, A.; RYALL C.; PETERSON, A.T. 2006. Global invasive potential of the House Crow (*Corvus splendens*) based on ecological niche modelling. *Journal of Avian Biology*, **37**:306-311.
- OPENMODELLER. 2008. The open source fundamental niche modelling project. Disponível em <http://openmodeller.sourceforge.net/>, acesso em 07/01/2008.
- PAPEŞ, M.; GAUBERT, P. 2007. Modelling ecological niches from low numbers of occurrences: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia, Carnivora) across two continents. *Diversity and Distributions*, **13**:890-902.
- PEARSON, R.G.; RAXWORTHY, C.J.; NAKAMURA, M.; PETERSON, A.T. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, **34**:102-117.
- PETERSON, A.T.; PAPEŞ, M. 2006. Potential geographic distribution of the Bugun Liocichla *Liocichla bugunorum*, a poorly-known species from north-eastern India. *Indian Birds*, **2**:146-149.
- PETERSON, A.T.; VIEGLAIS, D.A. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling. *BioScience*, **51**:363-371.
- PHILLIPS, S.J.; ANDERSON, R.P.; SCHAPIRE, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, **190**:231-259.
- PIÑEIRO, R.; AGUILAR, J.F.; MUNT, D.D.; FELINER, G.N. 2007. Ecology matters: Atlantic-Mediterranean disjunction in the sand-dune shrub *Armeria pungens* (Plumbaginaceae). *Molecular Ecology*, **16**:2155-2171.
- RAXWORTHY, C.; MARTINEZ-MEYER, E.; HORNING, N.; NUSSBAUM, R.; SCHNEIDER, G.; ORTEGA-HUERTA, M.; PETERSON, A. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, **426**:837-841.
- RON, S.R. 2005. Predicting the distribution of the amphibian pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* in the new world. *Biotropica*, **37**:209-221.
- SBH – SOCIEDADE BRASILEIRA DE HERPETOLOGIA. 2008. Lista de espécies de anfíbios do Brasil. Sociedade Brasileira de Herpetologia (SBH). Disponível em <http://www.ssherpetologia.org.br/checklist/anfibios.htm>, acesso em 21/01/2008.
- SILVANO, D.L.; SEGALLA, M.V. 2005. Conservação de anfíbios no Brasil. *Megadiversidade*, **1**:79-86.
- SLATYER, C.; ROSAUER, D.; LEMCKERT, F. 2007. An assessment of endemism and species richness patterns in the Australian Anura. *Journal of Biogeography*, **34**:583-596.
- SIQUEIRA, M.F.; PETERSON, A.T. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. *Biota Neotropica*, **3**(2):1-14.
- SIQUEIRA, M.; DURIGAN, G. 2007. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica*, **30**:233-243.
- WORLDCLIM. 2006. Version 1.4. Disponível em <http://www.worldclim.org/>, acesso em 24/09/2007.
- YOUNG, B.E. 2007. *Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental de los Andes en Perú y Bolivia*. Arlington, NatureServe, 88 p.

Submitted on April 11, 2008

Accepted on June 09, 2008