

## Distribuição geográfica conhecida e potencial de *Melipona quadrifasciata*

Luana Gaspar do Nascimento Lopes <sup>1</sup>

Vitor Araujo Lima <sup>1</sup>

Ary Gomes da Silva <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Vila Velha - UVV

Avenida Comissário José Dantas de Melo, n° 21. CEP 29.102-920

Vila Velha – ES, Brasil

lua.lopes@uol.com.br

vitoraraujo.biologo@gmail.com

arygomes@uvv.com.br

**Abstract.** This study aimed to map areas favorable for *Melipona quadrifasciata*. For doing the used the species Distribution Modeling, generating potential areas in Brazil, using the concept of maximum entropy (Maxent 3.3.3). We considered 106 natural occurrence points of *M. quadrifasciata* obtained through bibliographic and herbarium records were used from searches in the Specieslink (2016), GBIF (2016) database. The simulation of the potential areas for *M. quadrifasciata* presented the training average AUC for the runs of 0.850, with a standard deviation of 0.016 and the binomial probability was of 0.0001 indicating the low probability of this model being generated at random. The evaluated indicators suggest that the model is satisfactory in the estimation of the adequacy distribution of *M. quadrifasciata* habitat. Analyzing the presented result, it is verified that there are some areas of high environmental suitability without record of occurrence of the species nearby, which could indicate potential areas for new collections in the future.

**Palavras-chave:** Species distribution Modeling, ecological niche, Maxent, modelagem de distribuição de espécies, nicho ecológico, Maxent.

### 1. 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), principalmente sobre polinizadores silvestres (Hickel 2015) que possuem sua conservação incentivada pela legislação vigente (Resolução Conama n° 346/04). As abelhas sem ferrão ou ASF (Apidae, Meliponini) constituem parte da fauna silvestre auxiliam na estabilidade dos ecossistemas e na sustentabilidade da agricultura, elas são insetos eusociais com colônias variando de centenas a milhares de indivíduos (Nogueira-Neto 1997). O Brasil contém aproximadamente 244 espécies divididas em 29 gêneros (Pedro 2014). Como a maioria das espécies se alimenta de néctar e de pólen, elas desempenham um papel fundamental na polinização de muitas plantas nativas, assim representam um dos maiores grupos de visitantes a plantas com flores nos trópicos (Cruz et al. 2005). Por esta importância, os estudos de distribuição espacial destas espécies são fundamentais para alicerçar informações ecológicas (*e.g.* diversidade de espécies, interações de recursos, densidade de ninhos etc.) e auxiliar nas estratégias de manejo e conservação de espécies.

Neste contexto, a Modelagem de Distribuição de Espécies (MDE) propicia um meio com maior precisão para examinar as alterações na distribuição de espécies (Vallecillo et al. 2016), o desenvolvimento de modelos de nicho ecológico são importantes para investigar padrões e processos biogeográficos, possibilitando a previsão da distribuição geográfica de espécies a partir de dados esparsos de ocorrência, assim se tornando um importante componente em

planos de conservação (Guisan e Zimmermann 2000, 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 (Giovanelli et al. 2008) e (iii) indicar a distribuição geográfica de uma espécie no passado (Hugall et al. 2002) e (iv) realizar previsões sobre a sua distribuição futura (Siqueira e Peterson 2003).

O objetivo deste estudo é modelar a distribuição espacial da espécie *Melipona quadrifasciata*, e assim servir de subsídio para direcionamento de trabalho de campo, possibilitando identificar áreas para futuras coletas e iniciativas para a conservação da espécie.

## 2. Metodologia de trabalho

Para realizar a modelagem foram utilizados 106 pontos de ocorrência naturais de *Melipona quadrifasciata* obtidos através de registros bibliográficos e em herbários, a partir de buscas no banco de dados da rede *Specieslink* (2016) e *GBIF* (2016). As variáveis ambientais para Modelagem de Distribuição de Espécies foram obtidas no site AMBDATA ([www.dpi.inpe.br/ambdata/index.php](http://www.dpi.inpe.br/ambdata/index.php)) do Grupo de Modelagem para Estudos de Biodiversidade da Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As informações ambientais utilizadas neste experimento são grades projetadas no sistema de coordenadas geodésicas de projeção Latitude/Longitude, Datum WGS-84, com resolução espacial de 30 arc segundos, ou aproximadamente 1 km.

A modelagem foi realizada no programa MAXENT (*Maximum Entropy*) (Phillips; Anderson e Schapire, 2006). Os parâmetros usados no modelo foram uma convergence threshold de 1.0E-5 com 500 interações e 10.000 pontos de background, assim como as opções de auto features.

O conjunto de dados foi submetido a 10 repetições do modelo, sendo que para cada uma foi realizada uma validação cruzada (tipo bootstrap) com reposição, em que os dados foram divididos em dois conjuntos independentes, 70 e 30% dos dados, utilizados para calibrar e validar o modelo, respectivamente. A avaliação do modelo foi realizada pelos parâmetros Area Under the Curve (AUC), taxa de omissão do conjunto teste e o valor de p (binominal probability). A contribuição de cada variável climática foi analisada por meio dos métodos de jackknifing e curvas de respostas. O modelo final utilizado foi aquele baseado na média das dez repetições pelo programa.

A AUC é interpretada como a probabilidade de o modelo classificar um local de presença escolhido aleatoriamente em relação a um local qualquer da paisagem (Merow et al. 2013). Um modelo aleatório tem uma AUC de 0,5 e quanto mais próximo de 1,0 melhor o seu desempenho (Phillips et al. 2006; Phillips e Dudik 2008).

Para o cálculo da taxa de omissão do modelo é necessário o uso de um limiar ou limite de corte, e a sua escolha deve maximizar a concordância entre a distribuição observada da espécie e a edita, além de atender os propósitos da pesquisa (Liu et al. 2005). A partir de um limiar (valor) é feita a conversão dos mapas contínuos de probabilidade em mapas binários de possível presença (1) ou ausência (0) da espécie.

## 3. Resultados e Discussão

A simulação das áreas potenciais para *M. quadrifasciata*, apresentou a AUC média de treinamento para as corridas de 0,850, com desvio padrão de 0,016 e a probabilidade binominal foi de 0.0001 também indicando a baixa probabilidade deste modelo ter sido gerado ao acaso. O AUC é um método de avaliação independente de limiar (threshold). Os

valores de AUC variam de 0 a 1, valores iguais ou menores a 0,5 indicam modelos sem capacidade de predição, sendo equivalentes a um modelo aleatório (Elith et al. 2009). O valor de 0,850 afasta-se consideravelmente do valor da AUC relativo a predições aleatórias (0,5) e também é indicadora da boa capacidade do modelo. Os indicadores avaliados sugerem que o modelo é satisfatório na estimação da distribuição da adequabilidade do habitat de *M. quadrifasciata*.

Os pontos de ocorrência estão distribuídos pelos estados de Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Esta pesquisa amplia a sua área de ocorrência conhecida dada por Silveira *et. al.* (2002), abrangendo também os estados de Alagoas, Goiás e Sergipe.

As áreas modeladas para o Brasil se apresentaram condizentes com os dados conhecidos da espécie. O modelo gerado apresentou como área potencial de distribuição da espécie a parte norte do Maranhão, parte oeste do Piauí, grande parte dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e parte oeste da Bahia. Na região Sudeste, cobre grande parte do estado do Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais. O modelo ainda previu como área potencial de distribuição o litoral do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul, Goiás. O modelo se mostrou bem amplo, incluindo os estados do Acre, Amazonas, Roraima, Pará, e o Amapá.

Como o intuito de gerar um mapa binário de presença e ausência, optou-se por um limite de corte relativo a máxima sensibilidade do conjunto de treino (0,270). A figura 1 representa o modelo de nicho ecológico para a espécie em estudo, com a probabilidade de sua ocorrência e a figura 2 representa a predição de sua ausência ou presença usando como limite de corte (threshold).

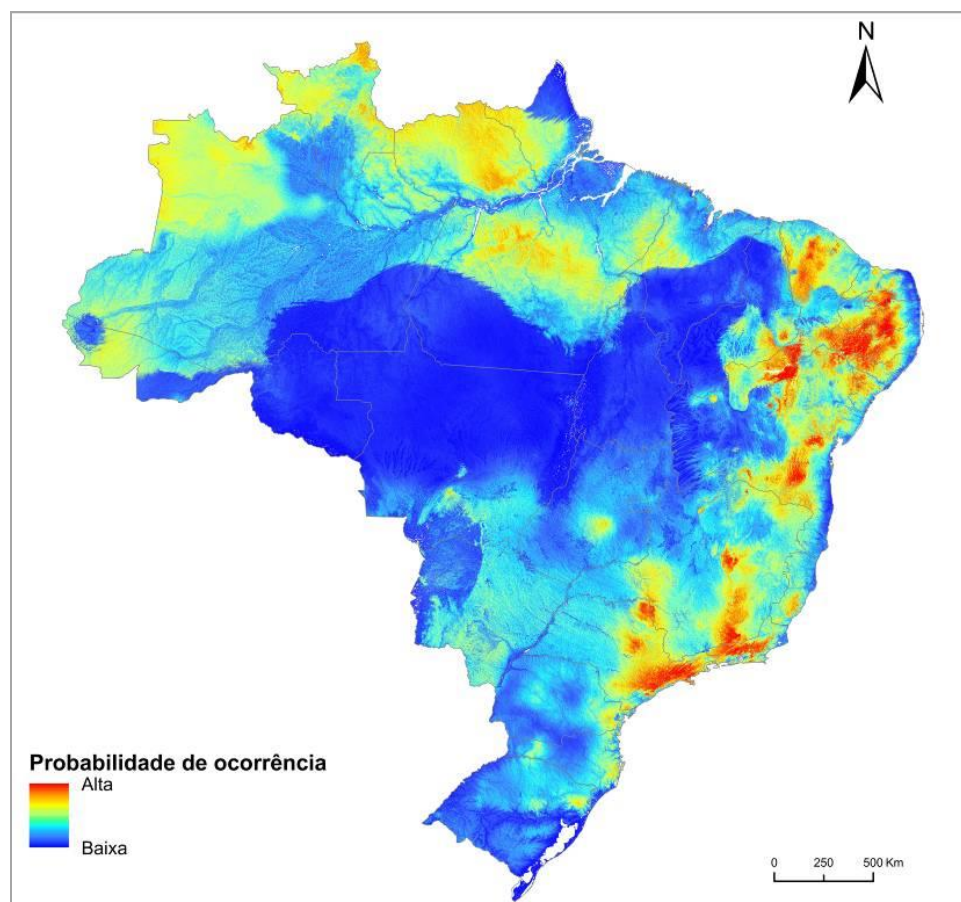


Figura 1: Modelo logístico de nicho ecológico de *M. quadrifasciata*, com a probabilidade de sua ocorrência.

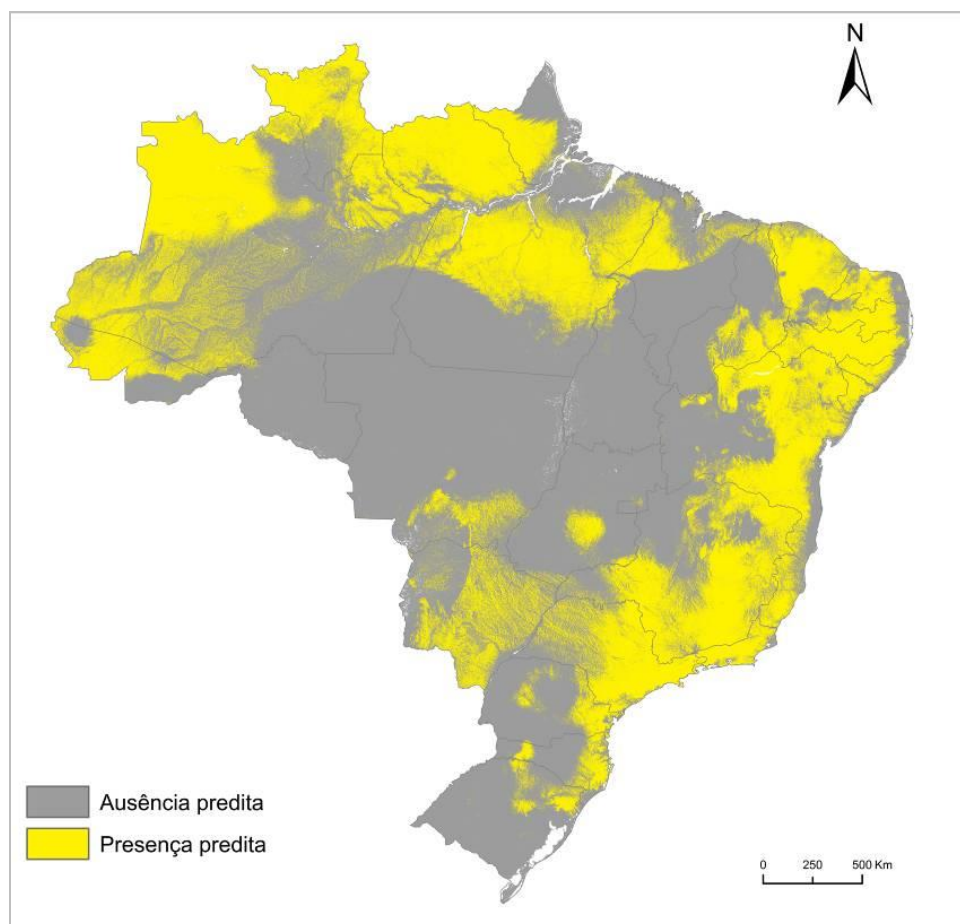


Figura 02: Modelo de Nicho Ecológico de *M. quadrifasciata*, que representa a predição de sua ausência ou presença usando como limite de corte a presença máxima de sensibilidade do conjunto de treino

Analisando o resultado apresentado, verifica-se que há algumas áreas de alta adequabilidade ambiental sem registro de ocorrência da espécie por perto, o que poderia sugerir áreas potenciais para novas coletas no futuro.

Na tabela a seguir são mostradas as estatísticas descritivas referentes às variáveis ambientais utilizadas na modelagem. As variáveis que mais contribuíram para explicar a adequabilidade das áreas de *M. quadrifasciata* foram a variação diurna média de temperatura e a declividade do terreno (Tabela 1), indicando que a espécie é sensível a essas variáveis.

Tabela 1. Contribuição das variáveis ambientais para a distribuição geográfica potencial de *Melipona quadrifasciata*, Brasil.

Código	Definição	Contribuição (%)
Bio2	Varição Diurna Média de Temperatura (Média mensal (Tmax-Tmin))	25
Declividade	A declividade é a inclinação da superfície do terreno em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos.	11.5
Exposição	É a direção da variação de declividade, ou um mapeamento da orientação da vertente do terreno.	9.8
Bio15	Sazonalidade da Precipitação (coeficiente de variação)	9.5



Bio3	Isotermalidade ( (bio2/bio7) (* 100))	8.9
Bio4	Sazonalidade da Temperatura (desvio padrão * 100)	8.2
Bio12	Precipitação Anual	5.5
Bio17	Precipitação do trimestre mais seco	4.8
Altitude	Os dados de altitude foram gerados a partir de dados do SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), de resolução horizontal (i.e., resolução espacial) de 3 arc-segundos (~90m) e resolução vertical (altura) de 1 m.	4.7
Bio1	Temperatura média anual	4.7
Bio18	Precipitação do trimestre mais frio	3.8
Bio16	Precipitação do trimestre mais chuvoso	3.2
Bio7	Amplitude térmica anual (bio5-bio6)	0.5

#### 4. Conclusões

Os resultados apresentados neste estudo reforçam a importância dos modelos preditivos no estudo da distribuição de espécies, sugerindo que a modelagem de nicho ecológico pode fornecer importantes contribuições para a análise de padrões biogeográficos relacionados à distribuição da espécie. Com o modelo gerado é possível realizar inferências sobre distribuição geográfica da espécie e análises acerca de quais variáveis ambientais estão relacionadas com isto, conferindo maior poder de predição aos modelos gerados. Também é de grande proveito em campanhas de campo, onde se tem o objetivo de encontrar a espécie na natureza, assim servindo como base para se iniciar levantamentos deste grupo de polinizadores de grande importância, mas pouco conhecido. Deste modo, apesar de corresponderem a modelos simplificados, baseados no nicho fundamental das espécies, os mapas de distribuição apresentados podem direcionar novas amostragens em áreas com alta probabilidade de ocorrência para as espécies.

#### Referências Bibliográficas

- Anderson, R. P.; Martínez-Meyer, E. Modeling species geographic distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation*. p. 167-179, 2004.
- Araújo M. B; R. G Pearson, W; Thuillers, M Erhard. Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology*.11: p. 1504-1513, 2005.
- Brown, J. H.; Lomolino, M. V. *Biogeografia*. 2-nd ed. Funpec, Ribeirão Preto. p. 692, 2006.
- Cruz, D. D. O., Freitas, B. M., Silva, L. A. D., Silva, E. M. S. D., & Bomfim, I. G. A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: p. 1197-120, 2005.
- Elith, J.; Leathwick, J. R. Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, Palo Alto, n. 40. p. 677- 697, 2009.

Garcia, A. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation*. 130 : p. 25-46, 2006.

Global Biodiversity Information Facility: Report of the GBIF Metadata Implementation Framework Task Group (MIFTG). Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 2016.

Guisan, A.; Thuiller, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8: p. 993-1009, 2005.

Hannah, L.; Midgley, G.; Hughes, G.; Bomhard, B. 2005. The view from the Cape: extinction risk, protected areas, and climate change. *BioScience*, Washington, v. 55, n. 3. p. 231 – 242, 2005.

Hickel, C. K. Modelagem da distribuição geográfica de espécies de Plebeia (Apidae, Meliponini) frente às mudanças climáticas na região subtropical, 2015.

Hijmans, R. J.; Cameron, S. E.; Parra, J. L.; Jones, S. P. G.; Jarvis, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v. 25, n.15. p. 1965- 1978, 2005.

Hugall, A.; Moritz, C.; Moussalli, A.; Stanisci, J. Reconciling paleo-distribution models and comparative phylogeography in the Wet Tropics. *PNAS*, 99: p. 6112–6117, 2002.

Hutchinson, G.E. Concluding Remarks. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 22, p. 425-427, 1957.

Knudsen, J. T.; Mori, S. A. Floral scents and pollination in neotropical Lecythidaceae. *Biotropica*, v. 28, n. 1. p. 42-60, 1996.

Lorenzi, H. 1998. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum. p. 340, 1998.

Merow, C.; Smith, M.J.; Silander, J.A. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36(10). p. 1058-1069, 2013.

Montagnini F.; Fanzeres, A.; Da Vinha, S.G. The potentials of 20 indigenous tree species for soil rehabilitation in the Atlantic forest region of Bahia, Brazil. *Journal of applied ecology*, v.32. p. 841-856, 1995.

Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: p. 853-858, 2000.

Papeş, M.; Gaubert, P. 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: p. 890-902, 2007.

Pearson, R. G. Species distribution modeling for conservation educators and practitioners, 2007. Disponível em: <<http://ncep.amnh.org>> Acesso em: 19 mar. 2016.

Phillips, S. J.; Anderson, R. P.; Schapire, R. E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, Kidlington, v. 190, n. 3-4. p. 231- 59, 2006.

Phillips, S.J.; Dudik, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2). p. 161-175, 2008.

Siqueira, M.F.; Peterson, A.T. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. *Biota Neotropica*, 3(2): p. 1-14, 2003.

Pedro, S. R.). The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, 61: p. 348-354, 2014.

SpeciesLink. Sistema de informação distribuído para recuperação de dados de acervos de coleções biológicas e de observação em campo, 2016.

Nogueira-Neto, P. Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão. São Paulo: Nogueirapis, p. 445, 1997.



Swets J. A. Measuring the accuracy of diagnostic systems. Science,1988.

Silveira, F. A.; Melo G. A. R.; Almeida, E. A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação: Belo Horizonte, p. 253, 2002.

Thuiller, W. Climate change and the ecologist. Nature, London, v. 448, n. 2. p. 550-552, 2007.

Vallecillo, S., Maes, J., Polce, C., e Lavallo, C. A. Habitat quality indicator for common birds in Europe based on species distribution models. Ecological Indicators, 69, p. 488-499, 2016.