

PADRÕES DE COOCORRÊNCIA ENTRE *PSITTACANTHUS ROBUSTUS* (MART.) MART. E SEUS HOSPEDEIROS E DISPERSORES NA AMÉRICA DO SUL

Eduardo Vinícius da Silva Oliveira^{1*}; Sidney Feitosa Gouveia^{1,2}

¹Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE, Brasil.

²Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE, Brasil.

*Autor correspondente: eduardovso@yahoo.com.br

Palavras-chave:

Ervas-de-passarinho;
Modelagem de
distribuição conjunta de
espécies; Vochysiaceae.

RESUMO

As ervas-de-passarinho são um recurso chave em muitos ecossistemas e, por isso, responsáveis por uma intrincada rede de interações bióticas. Muitas destas espécies possuem hospedeiros e dispersores específicos, como por exemplo, *Psittacanthus robustus*. Neste estudo, avaliamos padrões de coocorrência entre a hemiparásita *P. robustus* e espécies de hospedeiros e dispersores conhecidos na América do Sul. Utilizando dados de ocorrência das espécies e de variáveis ambientais, a coocorrência foi avaliada a partir de uma modelagem de distribuição conjunta de espécies. A distribuição das espécies de plantas e de aves foi influenciada principalmente por preditores associados a precipitação pluviométrica. *P. robustus* e espécies de árvores hospedeiras são encontradas mais juntas do que o esperado pelo acaso. Por sua vez, não foram observados padrões de coocorrência entre *P. robustus* e espécies de aves dispersoras. Assim, a distribuição espacial de *P. robustus* é influenciada apenas pela presença de seus hospedeiros arbóreos, evidenciando um certo grau de especificidade desta erva-de-passarinho pelos hospedeiros. A modelagem de distribuição conjunta de espécies constitui uma excelente ferramenta na avaliação da associação entre espécies no espaço geográfico.

Key words:

Mistletoe species; Joint
species distribution
models; Vochysiaceae.

ABSTRACT

Mistletoe species are a key resource in many ecosystems, and as such, they are responsible for a complex network of biotic interactions. Many species have specific hosts and dispersers, such as *Psittacanthus robustus*. In this study, we assessed the co-occurrence patterns between the hemiparasite *P. robustus* and known host and disperser species in South America. Using species occurrence data and environmental variables, co-occurrence was evaluated through joint species distribution models. The distribution of plant and bird species was primarily influenced by the predictors associated with precipitation. *P. robustus* and host tree species are found together more often than expected by chance. In contrast, no co-occurrence patterns were observed between *P. robustus* and the disperser birds. Thus, the spatial distribution of *P. robustus* was influenced solely by the presence of host trees, highlighting a certain degree of specificity of mistletoe in infected hosts. Joint species distribution modeling is an excellent tool for assessing species associations in geographic space.

INTRODUÇÃO

As plantas popularmente conhecidas por “ervas-de-passarinho” são um recurso-chave em muitos ecossistemas e, por isso, responsáveis por uma intrincada rede de interações bióticas. Estas espécies podem modificar a estrutura do habitat e fornecer recurso para a fauna, além de microhabitats de nidificação (WATSON, 2001; WATSON e HERRING, 2012). A maior parte destas plantas pertencem à família Loranthaceae (ordem Santales) (LÜTTGE et al., 1998), que possui cerca de 86 espécies registradas para o Brasil (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020).

Muitas espécies da família Loranthaceae possuem hospedeiros e dispersores específicos, como por exemplo, *Psittacanthus robustus* (Mart.) Mart. Esta planta hemiparasita cresce sobre ramos de árvores ou arbustos (OLIVEIRA e CAIRES, 2018) e apesar de típica dos Cerrados (SOUZA e LORENZI, 2012), ocorre também em áreas de Caatinga, Campinarana, Campo Rupestre, Carrasco e Floresta Ombrófila (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2020). *P. robustus* parasita preferencialmente indivíduos da família Vochysiaceae, tendo uma notável afinidade pelos gêneros *Vochysia* Aubl. e *Qualea* Aubl. (MONTEIRO et al., 1992; REIF e ANDREATA, 2006; REIF e ANDREATA, 2011). O principal dispersor de *P. robustus* é *Tersina viridis viridis* (Lichtenstein, 1823), um pássaro semi-migratório da América do Sul (BASKIN e BASKIN, 2014), mas também existem registros de outras espécies de aves dispersando seus frutos (MONTEIRO et al., 1992; TEODORO et al., 2010).

A modelagem hierárquica de comunidades (Hmsc), um tipo de modelo de distribuição conjunta

de espécies (jSDM), constitui uma ferramenta potencial para avaliar a associação entre *P. robustus* e seus hospedeiros e aves dispersoras (OVASKAINEN et al., 2017). A partir de uma abordagem bayesiana, devolve as respostas das espécies aos gradientes ambientais e os padrões de coocorrência, revelando efeitos de interações bióticas (OVASKAINEN e ABREGO, 2022).

Neste estudo, a partir de dados de ocorrência de espécies e da combinação de variáveis ambientais, avaliamos padrões de coocorrência entre a hemiparasita *P. robustus* e espécies de hospedeiros e dispersores conhecidos na América do Sul. Adicionalmente, ainda avaliamos a contribuição relativa de diferentes fatores climáticos sobre a ocorrência das espécies. Considerando o pressuposto de interação biótica entre as espécies, nós esperamos que seja detectado um padrão de coocorrência entre *P. robustus* e espécies de hospedeiros e aves dispersoras.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécies de árvores hospedeiras (*Qualea dichotoma*, *Q. grandiflora*, *Q. multiflora*, *Q. parviflora*, *Vochysia cinnamomea*, *V. elliptica*, *V. rufa*, *V. thyrsoides*, *V. tucanorum* e *Salvertia convallariodora*) e aves dispersoras (*Tersina viridis viridis*, *Elaenia cristata*, *Thraupis sayaca sayaca* e *Schistochlamys ruficapillus ruficapillus*) de *P. robustus* foram determinadas a partir da literatura (MONTEIRO et al., 1992; REIF e ANDREATA, 2006; TEODORO et al., 2010).

Registros de ocorrências das espécies de plantas e das aves foram obtidas no banco de dados do BIEN (Botanical Information and Ecology

Network) e do GBIF (Global Biodiversity Information Facility), respectivamente (outubro de 2022). Então, nós construímos uma grade contendo quadriculas de 110 x 110 km (após aqui, unidades amostrais) sobre os pontos de ocorrência das espécies, considerando seus limites sobre a América do Sul.

Para cada unidade amostral, foram estimados valores de covariáveis ambientais a partir de preditores climáticos do WorldClim (FICK e HIJMANS, 2017). Foram removidos das análises aqueles preditores correlacionados (quando r de Pearson $\geq 0,7$), sendo mantidos, variabilidade diária de temperatura, sazonalidade da temperatura, máxima temperatura do mês mais quente, precipitação anual, precipitação do mês mais seco, sazonalidade da precipitação, precipitação do trimestre mais quente e do trimestre mais frio.

Coocorrência entre espécies foi avaliada a partir de uma modelagem hierárquica de comunidades (OVASKAINEN e ABREGO, 2022). Utilizamos a ocorrência das espécies (i.e., presenças) nas unidades amostrais como matriz resposta (y) e as covariáveis ambientais como matriz explicativa (x). Avaliamos os padrões de coocorrência entre espécies a partir de fatores latentes, i.e., os resíduos das relações de ocupação que não puderam ser explicados pelas covariáveis (TIKHONOV et al., 2020). Modelos foram gerados através de uma abordagem Bayesiana e métodos de Monte Carlo acoplados a Cadeias de Markov. Utilizamos um modelo linear generalizado (função de ligação Probit) e executamos duas cadeias com 125.000 iterações, dos quais descartamos as primeiras 25.000, produzindo 2.000 amostras de

distribuição posterior por cadeia (OVASKAINEN et al., 2017). Todas as análises foram realizadas no aplicativo R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2022), com os seguintes pacotes: 'BIEN', 'rgbif', 'virtualSpecies', 'letsR' e 'Hmsc' (VILELA e VILLALOBOS, 2015; LEROY et al., 2016; MAITNER et al., 2017; TIKHONOV et al., 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição estacionária das cadeias (diagnóstico de Gelman = $\sim 0,99$) e o número suficientemente grande de amostras posteriores (tamanho efetivo = ~ 2.000) indicaram uma boa acurácia na construção do modelo (OVASKAINEN e ABREGO, 2022).

O particionamento da variância mostrou que a precipitação do mês mais seco possui o maior poder de explicação do padrão de distribuição da maioria das espécies de plantas (*Qualea dichotoma*, *Q. grandiflora*, *Q. parviflora*, *P. robustus*, *Vochysia cinnamomea*, *V. elliptica*, *V. rufa*, e *V. thyrsoides*). Por sua vez, precipitação do trimestre mais quente foi o preditor mais importante para a ocorrência de *Qualea multiflora* e *Vochysia tucanorum*, enquanto sazonalidade da temperatura foi o preditor mais importante para *Salvertia convallariodora*. Estas variáveis, principalmente aquelas associadas a precipitação, possuem uma contribuição considerável para ocorrência de plantas (e.g., LOPES et al., 2007; GARCIA et al., 2014; COELHO et al., 2016).

No caso das aves, a ocorrência das espécies foi afetada principalmente por sazonalidade da precipitação (*Elaenia cristata*), precipitação do mês mais seco (*Schistochlamys ruficapillus ruficapillus*),

sazonalidade de precipitação (*Thraupis sayaca sayaca*) e precipitação do trimestre mais quente (*Tersina viridis viridis*). Embora fatores relacionados a precipitação apresentem um papel relevante na distribuição de espécies de aves, covariáveis não incluídas na análise, como estrutura do habitat também são importantes (e.g., [TELLERÍA e SANTOS, 1994](#); [ROMPRÉ et al., 2007](#)).

Coocorrência positiva foi observada entre *P. robustus* e espécies de hospedeiros. Portanto, estas espécies são encontradas mais juntas do que o esperado pelo acaso ($p < 0,05$). Interações bióticas podem restringir o estabelecimento e afetar a distribuição de espécies em amplas escalas espaciais ([ARAUJO e LUOTO, 2007](#); [ARAUJO; PETERSON, 2012](#)). Este resultado também reforça a especificidade conhecida de *P. robustus* em parasitar as espécies de árvores da família Vochysiaceae ([ARCE-ACOSTA et al., 2016](#)). Muitas espécies desta família são árvores altas com uma copa densa e ramos fortes (e.g., *Qualea grandiflora* Mart.), sítio adequado para o desenvolvimento de ervas-de-passarinho ([MONTEIRO et al., 1992](#); [TEODORO et al., 2010](#)). O padrão de coocorrência observado e a seletividade conhecida de *P. robustus* pelas árvores de Vochysiaceae, sugere haver certo grau de dependência desta erva-de-passarinho por estes hospedeiros.

Ao contrário de nossas expectativas, não foi observada uma associação entre *P. robustus* e espécies de aves dispersoras, i.e., as ocorrências destas espécies são independentes uma da outra. Assim, as distribuições das espécies de aves são primordialmente influenciadas pelas covariáveis ambientais e não por possíveis interações bióticas

com *P. robustus*, embora processos aleatórios, como limitações de dispersão, estocasticidade ambiental e deriva ecológica também devem ser considerados ([OVASKAINEN; ABREGO, 2022](#)).

Apesar de *P. robustus* e das aves dispersoras convergirem em algumas localizações no espaço geográfico, principalmente no domínio Cerrado, a maior amplitude de distribuição geográfica das aves na América do Sul, pode explicar a ausência de coocorrência. Além disso, a captura de efeitos das interações bióticas entre *P. robustus* e as aves dispersoras pode ter sido afetada pelo unilateralismo dessa relação. A disponibilidade temporal e o uso não restrito dos frutos de *P. robustus* pelas aves dispersoras evidencia um maior grau de dependência desta planta pelos dispersores, mas não o inverso. Por exemplo, *Tersina viridis viridis* se alimenta de frutos de outras espécies, inclusive de outras hemiparasitas [e.g., *Struthanthus concinnus* (Mart.) Mart. e *Struthanthus marginatus* (Desr.) Blume], principalmente na época em que *P. robustus* não frutifica, um período de oito meses por ano ([MONTEIRO et al., 1992](#); [GUERRA e MARINI, 2002](#)).

CONCLUSÕES

A distribuição espacial de *Psittacanthus robustus* é influenciada pela presença de seus hospedeiros arbóreos da família Vochysiaceae, evidenciando existir um certo grau de especificidade desta erva-de-passarinho pelos hospedeiros. Contrariando o sinal positivo capturado pelo modelo na relação entre estas espécies, *P. robustus* afeta o desenvolvimento de seus hospedeiros, refletindo um efeito positivo da

relação apenas para a hemiparasita. Além disso, covariáveis não incluídas no modelo, podem ter algum papel nos padrões de coocorrência observado.

Este trabalho é a primeira contribuição para o estudo da interação biótica entre *P. robustus* e seus hospedeiros e aves dispersoras, e pode representar o ponto de partida para estudos adicionais com outras espécies das famílias Loranthaceae e Santalaceae e suas relações ecológicas. A modelagem de distribuição conjunta de espécies constitui uma excelente ferramenta na avaliação da associação entre grupos de espécies ao longo do espaço geográfico.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Informação suplementar disponibilizada em <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.24128655>.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - Ecologia, Evolução e Conservação da Biodiversidade (INCT-EECBio) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa de Desenvolvimento Científico-Tecnológico (DTI) a EVSO.

REFERÊNCIAS

Araujo, M. B.; Luoto, M. The importance of biotic interactions for modelling species distributions under climate change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 16, n. 6, p. 743-753, 2007.

Araujo, M. B.; Peterson, A. T. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. **Ecology**, v. 93, n. 7, p. 1527-1539, 2012.

Arce-Acosta, I.; Suzán-Azpíri, H.; García-Rubio, O. Biotic factors associated with the spatial distribution of the mistletoe *Psittacanthus calyculatus* in a tropical deciduous forest of central Mexico. **Botanical Sciences**, v. 94, n. 1, p. 89-96, 2016.

Baskin, C. C.; Baskin, J. M. **Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination**. Amsterdam: Academic Press, 2014. 1600p.

Coelho, G. L. N.; Carvalho, L. M. T.; Gomide, L. R. Modelagem preditiva de distribuição de espécies pioneiras no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 3, p. 207-214, 2016.

Fick, S. E.; Hijmans, R. J. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.

Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 20 Jun. 2023.

Garcia, L. G. et al. Modelagem da aptidão climática do *Eucalyptus grandis* frente aos cenários de mudanças climáticas no Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 104, p. 503-511, 2014.

Guerra, J. G.; Marini, M. A. Bird frugivory on *Struthanthus concinnus* (Loranthaceae) in Southeastern Brazil. **Ararajuba**, v. 10, n. 17, p. 187-192, 2002.

Leroy, B. et al. virtualspecies, an R package to generate virtual species distributions. **Ecography**, v. 39, n. 6, p. 599-607, 2016.

Lopes, T. S.; Leite, V. R.; Leite, G. R. Modelagem de nicho ecológico e conservação de *Dalbergia nigra*, espécie ameaçada de extinção. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 438-440, 2007.

Lüttge, U. et al. Photosynthesis of mistletoes in relation to their hosts at various sites in tropical Brazil. **Trees**, v. 12, p. 167-174, 1998.

Maitner, B. S. et al. The bien r package: A tool to access the Botanical Information and Ecology Network (BIEN) database. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 2, p. 1-7, 2017.

Monteiro, R. F.; Martins, R. P.; Yamamoto, K. Host Specificity and Seed Dispersal of *Psittacanthus*

robustus (Loranthaceae) in South-East Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 8, n. 3, p. 307-314, 1992.

Oliveira, E. V. S.; Caires, C. S. Loranthaceae. In: Prata, A.P.N. et al. (Orgs.). **Flora de Sergipe (Volume 3)**. Maceió: Edufal, 2018. p.74-105.

Ovaskainen, O.; Abrego, N. **Joint species distribution modelling: with applications in R**. Cambridge: Cambridge University Press, 2020. 372p.

R Development Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: nov. 2022.

Reif, C.; Andreato, R. H. P. Sinopse de "ervas-de-passarinho" do estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, n. 57, p.255-274, 2006.

Reif, C.; Andreato, R. H. P. Contribuição à taxonomia de Loranthaceae no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Pesquisas, Botânica**, n. 62, p.71-115, 2011.

Souza, V. C.; Lorenzi, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012. 768p.

Rompré, G. et al. Environmental correlates of avian diversity in lowland Panama rain forests. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 5, p. 802-815, 2007.

Tellería, J. L.; Santos, T. Factors involved in the distribution of forest birds in the Iberian Peninsula. **Bird Study**, v. 41, n. 3, p. 161-169, 1994.

Teodoro, G.S. et al. How does a *Psittacanthus robustus* Mart. population structure relate to a *Vochysia thyrsoidea* Pohl. Host population? **Flora**, v. 205, p. 797-801, 2010.

Tikhonov, G. et al. Joint species distribution modelling with the r-package Hmsc. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, n. 3, p. 442-447, 2020.

Vilela, B.; Villalobos, F. letsR: a new R package for data handling and analysis in macroecology. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 6, n. 10, p. 1229-1234, 2015.

Watson, D. M. Mistletoe - a keystone resource in forests and woodlands worldwide. **Annual Review**

of Ecology, Evolution, and Systematics, v. 32, p. 219-49, 2011.

Watson, D. M.; Herring, M. Mistletoe as a keystone resource: an experimental test. **Proceedings of the Royal Society Botanical**, v. 279, p. 3853-3860, 2012.