

ANA BEATRIZ BORGES DA SILVA

**DISTRIBUIÇÃO DAS FORMIGAS CULTIVADORAS DE FUNGO
MYCETOPHYLAX ENDÊMICAS DE RESTINGA: MODELAGEM DE NICHOS E
EFEITO DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S586d
2018
Silva, Ana Beatriz Borges da, 1987-
Distribuição das formigas cultivadoras de fungo
Mycetophylax endêmicas de restinga : modelagem de nicho e
efeito do solo na distribuição / Ana Beatriz Borges da Silva. –
Viçosa, MG, 2018.
ix, 58 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Danon Clemes Cardoso.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Mycetophylax* - Distribuição geográfica. 2. Nicho
(Ecologia). 3. Solos arenosos - Granulometria. 4. Ecologia das
restingas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Biologia Animal. Programa de Pós-Graduação em Ecologia.
II. Título.

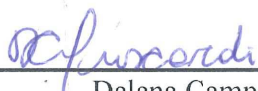
CDD 22. ed. 595.796

ANA BEATRIZ BORGES DA SILVA

**DISTRIBUIÇÃO DAS FORMIGAS CULTIVADORAS DE FUNGO
MYCETOPHYLAX ENDÊMICAS DE RESTINGA: MODELAGEM DE NICHOS E
EFEITO DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 Julho de 2018.



Dalana Campos Muscardi



Tatiana Garabini Cornelissen



Danon Cleme Cardoso
(Orientador)

À Sandra,
À Priscila e ao Théo.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Danon Cledes Cardoso pela confiança, paciência, ensinamentos, um exemplo de excelência e dedicação;

Ao Professor Maykon Passos Cristiano pelas contribuições;

À Cinthia Costa-Milanez pelo apoio inicial e por ter me ensinado granulometria;

Aos meus colegas do LGEP; Flavinha, Laysa, Paula, Ricardo, Brenda, Eloá, Vanessa, e as larvinhas (IC'S) Ana Carolina, Carlos, Gabriel, Gabrielle, Isadora e Carini. Carlos e Paula obrigada pelas areias! e em especial a Mariana Neves Moura que considero uma amiga, companheira, uma pessoa alto astral e forte perante a vida.... cada um à sua maneira, foi especial em minha caminhada;

Ao PPGeco pelo apoio e oportunidade, e à Letícia pelas ajudas burocráticas!

Ao Professor José Henrique Schoereder pela solicitude;

À CAPES pela bolsa concedida;

Ao secretário Rubens Modesto do PPG Biomas – UFOP;

À Marina Beirão pelo auxílio nas modelagens, nas análises estatísticas, pelas ideias, e seminários, obrigada!

As meninas da República Melindrosas por ter me acolhido no início das idas e vindas de Viçosa - OP por serem tão carinhosas, pela social memorável, a agregada agradece;

Ao apto 202, Camila, Ana Carolina e Loliu Doido, vocês foram meu achado em Ouro Preto, vivi dias divertidíssimos, difíceis e intensos com vocês, tenho um enorme carinho por todo tempo (mesmo que breve) em que moramos juntas, a amizade e lembranças estarão sempre em meu coração, foi bonito foi no apto do seu “jão”!

À Flavi meu anjinho, e a Márcia, obrigada pelas conversas acalentadoras, com vocês compartilhei dias de muita alegria;

À Maria Fernanda, obrigada pela acolhida, pela panela elétrica (salvou demais!!) e por ser amiga nos momentos mais loucos;

Aos amigos que Viçosa me deu, em especial Aline e Tiffany que são exemplos de Girls Power e carinho!

As minhas amigas Rê!! desde os primórdios da PUC.... Naty e Rodrigo, Michele e família!! obrigada pela torcida;

À Clara Conselheiro, pelas artes e alegria na minha fase Ouro-Pretana;

À minha avó Hortência Borges que sempre será meu exemplo de vida e força! Te amo vó;

Aos meus pais Sandra e César pelo amor, por apoiar minhas escolhas, por estarem sempre ao meu lado, e por representar toda bondade e compreensão em minha vida, amo vocês!

À minha querida irmã Priscila, pela cumplicidade que possuímos. Minha companheira para todo o sempre, mãe do Théo bolinha que me enche de alegria e paz;

A Deus e aos espíritos de luz, por auxiliar nos momentos difíceis e por estarem ao meu lado em tantos outros momentos felizes e positivos!

Agradeço.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO I	8
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	13
Área de Estudo	13
Variáveis Ambientais	17
Algoritmos	18
Modelagem de distribuição potencial	19
RESULTADOS	20
DISCUSSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO II	34
INTRODUÇÃO	36
MATERIAL E MÉTODOS	39
Área de Estudo	39
Amostragem	39
Granulometria	39
Análises Estatísticas	42
RESULTADOS	43
DISCUSSÃO	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
CONCLUSÃO GERAL	56

RESUMO

SILVA, Ana Beatriz Borges da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2018. **Distribuição das formigas cultivadoras de fungo *Mycetophylax* endêmicas de restinga: modelagem de nicho e efeito do solo na distribuição.** Orientador: Danon Cledes Cardoso. Coorientador: Maykon Passos Cristiano.

O conhecimento sobre a distribuição geográfica das espécies e as interações entre fatores abióticos e bióticos são um dos aspectos fundamentais para testar premissas ecológicas sobre o nicho, condições ideais de ocorrência e adaptação. Estas informações são base para a compreensão de padrões que atuam e sustentam a distribuição das espécies. Atualmente a modelagem de distribuição potencial de espécies (MDP) realizada através do mapeamento da biodiversidade é uma importante ferramenta para elaboração de estratégias de conservação. As formigas são organismos altamente plásticos no que concerne a distribuição espacial, comportamentos e hábitos de vida. O gênero *Mycetophylax* (Myrmicinae-Attini) possui 21 espécies, das quais três são endêmicas de restingas (*Mycetophylax conformis*, *Mycetophylax morschi* e *Mycetophylax simplex*). Assim, o presente estudo visou modelar a distribuição potencial destas espécies utilizando seis algoritmos para elaboração do mapa consenso final de cada espécie, com o intuito de averiguar a adequabilidade ambiental de *M. conformis*, *M. morschi* e *M. simplex*, endêmicas de restingas. Além da modelagem de distribuição potencial, realizamos análises para a observação entre a ocorrência destas espécies endêmicas, com as categorias granulométricas da areia predominante da praia ou região em que estas espécies possuem registro. Os resultados gerados pelos mapas de consenso delinearão áreas de adequabilidade que extrapolam as áreas de registro de ocorrência destas três espécies. Os resultados granulométricos dos solos, indicaram que as categorias granulométricas dominantes são representadas por areias médias e areias finas para a maioria das praias analisadas, sendo que as areias da região Nordeste apresentam granulometrias heterogêneas e areias das regiões Sudeste e Sul, categorias homogêneas tendenciado para predominância de grãos finos. As espécies responderam a seis categorias granulométricas, foi observado a especificidade das categorias granulométricas correlacionadas a distribuição destas. A distribuição da espécie *M. conformis* se correlaciona a solos com predominância de grânulos e areia grossa; *M. simplex* se distribui por solos com predominância de areias finas e muito finas; *M. morschi* apresenta a distribuição em todas as categorias e possui maior amplitude de ocorrência em toda a costa brasileira, mas tende a ocorrer em granulometrias médias e finas. Conclui-se que as abordagens utilizadas, sendo a modelagem de nicho e análise granulométrica do solo, elucidaram questões e forneceram importantes dados de fatores abióticos que integram as condições de habitats

favoráveis à distribuição. Esse conjunto de características edáficas e climáticas são elementos que compõe a estrutura ecológica das espécies e seu habitat, portanto podem ser utilizados como fomento a discussão e tomadas de decisões que visem planos de conservação de espécies, endêmicas e todo o ecossistema de restinga.

ABSTRACT

SILVA, Ana Beatriz Borges da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2018. **Distribution of fungus-growing ants *Mycetophylax* endemics of restinga: niche modeling and soil effect in distribution.** Adviser: Danon Clemes Cardoso. Co-adviser: Maykon Passos Cristiano.

Knowledge about the geographic distribution of species and the interactions between abiotic and biotic factors are one of the fundamental aspects to test ecological assumptions about the niche, ideal conditions of occurrence and adaptation. This information is the basis for the understanding of patterns that act and support the distribution of species. Currently the model of potential species distribution (MDP) carried out through the mapping of biodiversity is an important tool for the elaboration of conservation strategies. Ants are highly plastic organisms with regard to spatial distribution, behavior and life habits. The genus *Mycetophylax* (Myrmicinae-Attini) has 21 species, of which three are endemic to restingas (*Mycetophylax conformis*, *Mycetophylax morschi* and *Mycetophylax simplex*). Thus, the present study aimed to model the potential distribution of these species using six algorithms to elaborate the final consensus map of each species, in order to ascertain the environmental suitability of *M. conformis*, *M. morschi* and *M. simplex*, endemic to restingas. In addition to the potential distribution modeling, we performed analyzes for the observation of the occurrence of these endemic species, with the granulometric categories of the predominant sand of the beach or region in which these species are registered. The results generated by the consensus maps outlined areas of suitability that extrapolate the occurrence record areas of these three species. The granulometric results of the soils indicated that the dominant granulometric categories are represented by medium sand and fine sand for the majority of the beaches analyzed, and the sands of the Northeast region have heterogeneous granulometries and sands of the Southeast and South regions, homogeneous categories tended to predominate of fine grains. The species responded to six granulometric categories, the specificity of the granulometric categories correlated with their distribution. The distribution of the species *M. conformis* correlates to soils with predominance of granules and coarse sand; *M. simplex* is distributed in soils with predominance of fine and very fine sands; *M. morschi* presents the distribution in all categories and has a greater amplitude of occurrence in all Brazilian coast, but tends to occur in medium and fine granulometry. It was concluded that the approaches used, such as niche modeling and soil granulometric analysis, elucidated questions and provided important data on abiotic factors that integrate habitat conditions favorable to distribution. This set of edaphic and climatic characteristics are elements that make up the ecological structure of the species and their

habitat, so they can be used to foment discussion and decision-making aimed at conservation plans of endemic species and the entire restinga ecosystem.

INTRODUÇÃO GERAL

A distribuição geográfica dos organismos é resultante de processos adaptativos que envolvem eventos biogeográficos e interações bióticas e abióticas que compõem a história evolutiva de cada táxon. Compreender quais processos e fatores no padrão de distribuição das espécies, formam a base para delinear as propriedades e peculiaridades do nicho e tipos de relações ecológicas das quais o organismo participa (Ridley, 2004; Pappavero, 2013).

Insetos estão entre os grupos de animais mais bem-sucedidos ecologicamente. Eles estão presentes em todos os continentes, e apresentam a maior densidade populacional em regiões tropicais. As elevadas taxas de reprodução e as diversificadas estratégias de sobrevivência e as formas de dispersão garantiram a colonização em múltiplos habitats de diferentes tipos geomorfológicos como: ilhas, montanhas, desertos, florestas, evidenciando o sucesso adaptativo do grupo (Chapman, 1998; Triplerhon, 2011).

A Ordem Hymenoptera é composta por três grandes clados de insetos que possuem características de hábitos eussociais, sociais e solitários. A eussocialidade se manifesta seguintes grupos; Apiidae: Apinae, Halictinae (Sphecidae-Apoidea); Vespidae: Vespinae, Polistinae, Stenogatrinae, e todos os organismos da família Formicidae. Este aspecto comportamental corresponde um dos maiores níveis de organização social em um grupo de indivíduos por apresentar cuidado com a prole, sobreposição de gerações e divisão de trabalho. Assim, corrobora o estabelecimento e a perpetuação das populações garantindo as descendências e manutenção da carga genética (Hölldobler & Wilson, 1990; Gullan & Cranston, 2005).

A família Formicidae é composta por organismos conhecidos como formigas e compreende um dos grupos mais diversos dentre os insetos, estão distribuídos em 17 subfamílias e existem cerca de 16.000 espécies descritas (Bolton, 2018). As formigas surgiram aproximadamente há 50 M.A atrás, no início do período Cretáceo e suas espécies estão distribuídas em praticamente em todos os continentes da terra, possuem diferenciados modos de vida e participam de diversas interações ecológicas, dentre as quais destacam-se em redes tróficas, ciclagem de nutrientes, dispersão de sementes e controle biológico (Oliveira *et al.*, 2012; Leal *et al.*, 2012; Ward, 2014).

A subfamília Myrmicinae corresponde a subfamília mais diversa e cosmopolita dentre as subfamílias de Formicidae, possui nove tribos de extensa distribuição geográfica, é caracterizada por conter espécies, com características peculiares quanto a colonização, forrageio, comportamentos sociais e hábitos alimentares (Ulyssea *et al.*, 2012).

Dentre as tribos de Myrmicinae a tribo Attini possui atualmente 45 gêneros que apresentam comportamentos distintos nos aspectos de forrageio, nidificação e alimentação. A alimentação nos grupos de Attini se dividem em dois grupos, um formado por espécies predadoras especialistas e generalistas, o outro grupo formado por espécies cultivadoras de fungo. As formigas cultivadoras, possuem alta relevância ecológica em florestas tropicais, bem como importância econômica nos cultivos de monoculturas humanas (Bieber *et al.*, 2006; Branstetter *et al.*, 2017; Bolton, 2018).

As formigas cultivadoras de fungo compreendem em um clado com 14 gêneros e utilizam como cultivares espécies de fungo da Família Agaricacea, tribo Leucocoprinae. Este clado se distingue por vários aspectos biológicos, dentre os quais, as diferenças nos aspectos da atividade de forrageio, complexidade e organização social da colônia. Deste modo há uma divisão de três grupos que são denominados de grupos basais, intermediários e avançados. Os grupos basais utilizam como substrato para crescimento do fungo restos vegetais e carcaças de insetos, o grupo intermediário possui um forrageio amplo e os substratos utilizados podem ser restos vegetais e carcaças de artrópodes e folhas frescas recém cortadas e o grupo avançado é especialista em folhas frescas somente. Estas variações de agricultura podem definir grupos funcionais em uma comunidade ao relacionar o impacto gerado pela busca de recurso que será usado para a manutenção do fungo (Klingenberg, 2007; Leal, 2012).

Um dos gêneros integrantes do grupo basal, é *Mycetophylax* (Emery, 1913). Este gênero se distribui pela região Neotropical e possui espécies que ocorrem em diferentes geomorfologias e domínios morfoclimáticos como florestas e dunas costeiras (Cardoso *et al.*, 2012; Sosa-Calvo *et al.*, 2017).

Dentre as 21 espécies do gênero *Mycetophylax*, as três espécies *Mycetophylax conformis* (Mayr,1884), *Mycetophylax morschi* (Emery,1888) e *Mycetophylax simplex* (Emery,1888) são endêmicas de ambientes costeiros do Oceano Atlântico. A ocorrência destas espécies não apresenta um caráter contínuo de distribuição ao longo do litoral norte e sul do Oceano Atlântico e cada espécie possui características únicas quanto as regiões geográficas de ocorrência. A espécie *M. conformis* é registrada em Porto Rico, Trinidad e Tobago e

Venezuela, percorrendo a costa brasileira até regiões costeiras do Norte do estado de São Paulo. A espécie *M.morschi* possui registro por todas regiões de todo o litoral brasileiro e a espécie *M. simplex* possui registro no litoral Sul do Brasil ao litoral norte de São Paulo e populações relictuais no litoral da cidade de Cabo Frio - RJ Rio de Janeiro Brasil (Kempf, 1972; Klingenberg, 2009; Cardoso *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2014; Cardoso *et al.*, 2015).

Dentre os 8.000 Km de extensão do litoral brasileiro, as restingas são formações de cordões arenosos depositados durante o período Quaternário durante as transgressões e regressões marinhas (Esteves, 2002). Essas regiões fazem parte de um dos complexos vegetacionais da Mata Atlântica e apresentam peculiaridades em sua formação vegetal e geomorfológica. O solo destes habitats é caracterizado como espodossolos, apresentando altas taxas de salinidade e baixa concentração de nutrientes (Scarano, 2001; Madureira *et al.*, 2013).

As interações das espécies com condições abióticas de seu ambiente possibilitam a investigação de fatores que são determinantes para a distribuição espacial das espécies. Esses fatores sejam eles de natureza climática, edáfica, podem interferir no estabelecimento de espécies, delimitando nichos e possíveis dispersões de um habitat a outro (Jones *et al.*, 1994). Lavelle (2006), descreve o solo como um elemento natural em que a maioria de formigas assim como organismos edáficos como vermes, moluscos, crustáceos, e outros artrópodes utilizam ou modificam suas estruturas durante a colonização.

As formigas destacam-se por fazer parte de um grupo denominados organismos engenheiros, que modificam o habitat de acordo com suas atividades o alterando através de: construções de galeria, mudança na composição de solos, alteração da vegetação acima do solo e produção de nutrientes para micro-habitats, estas correspondem as principais interações edáficas (Jones, *et al.*, 1994). Segundo Kaspari *et al.*, (1999) a relação entre os atributos do solo e a estruturação do habitat está diretamente associado ao tamanho de formigas, onde formigas menores são beneficiadas por habitats mais rugosos, por existir espaços intersticiais e estes fornecerem possíveis abrigos e uma dimensão desocupada por outros organismos, e formigas maiores beneficiadas por ambientes planares, pelas facilidades de caminhar com suas longas pernas. As variações nos solos, portanto são elementos chave para uma compreensão dos nichos ocupados e padrões de distribuição.

Atualmente diversas técnicas de análise espacial, com o uso de softwares e de GIS (*Geographic Information System*) têm sido utilizadas como ferramentas na predição e delineamento da distribuição potencial da biodiversidade (Marinez, *et al.*, 2007). Baseados em

padrões ambientais, como topografia e altitude e os relacionando a dados biogeográficos e dados ambientais, (camadas de variáveis), aplicam-se algoritmos a fim de modelar zonas de potencial de ocorrência das espécies (Siqueira, 2003). A modelagem de distribuição pode ser em diversos fins conservacionistas, mas também na predição de espécies invasoras, pesquisas de novos habitats e análise do efeito das mudanças climáticas para biodiversidade (De Marco *et al.*, 2009).

O presente trabalho possui dois capítulos apresentados em formato de artigo. O primeiro capítulo descreve a modelagem de potencial distribuição das três espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restingas. Para interpretação da distribuição potencial analisamos os modelos de adequabilidade ambiental referente às localidades modeladas. A modelagem, portanto, foi baseada em variações climáticas.

O segundo capítulo apresenta a análise sobre as propriedades granulométricas dos solos de restingas do litoral brasileiro que possuem registro de ocorrência das espécies *M. conformis*, *M. morschi* e *M. simplex*, com o propósito de relacionar as categorias granulométricas do solo com a possível frequência das espécies dentre as praias analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIEBER, A.G.D.; DARRAULT, O.P.G.; RAMOS, C.; SILVA, K.K.M.; LEAL, I. R. 2005. Leaf-litter ants and the conservation priorities in the Atlantic rainforest of Northeastern Brazil. Proceedings of the 2005 Annual Meeting of the Society for Conservation Biology. 1: 21-21.
- BOLTON, B. 2018. An online catalog of the ants of the world. <http://antcat.org>. Acessado em maio e junho de 2018.
- BRANSTETTER, M.G; JESOVNIK, A; SOSA-CALVO, J.; LOYD, M.W, FAIRCLOTH, B.C; BRADY, S.G; SCHULTZ, T.R. 2017. Dry habitats were crucibles of domestication in the evolution of agriculture in ants. Proc. R. Soc. B 284: 1-10.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M. P.; TAVARES, M. G.; SCHOEREDER, J. H. 2012. Co-occurrence of putatively allopatric species of the genus *Mycetophylax*: first record of *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888) (Hymenoptera: Formicidae) from Rio de Janeiro State, Brazil. *Myrmecological News*.16:57-59.
- CARDOSO, D.C; SCHOEREDER, J. H. 2014. Biotic and Abiotic Factors Shaping Ant (Hymenoptera: Formicidae) Assemblages in Brazilian Coastal Sand Dunes: The Case of Restinga in Santa Catarina. *The Florida Entomologist*. 97: 1443-1450.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M.P.; HEINZE, J.; TAVARES, M.G. 2014. A nuclear DNA based phylogeny of endemic sand dune ants of the genus *Mycetophylax* (Emery, 1913): How morphology is reflected in molecular data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 70: 378-382.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M.P.; TAVARES, M.G.; SCHUBART, C.D.; HEINZE, J. 2015. Phylogeography of the sand dune ant *Mycetophylax simplex* along the Brazilian Atlantic Forest coast: remarkably low mtDNA diversity and shallow population structure. *BMC Evolutionary Biology*. 15: 106.
- CHAPMAN, R.F. The insect structure and function. New York: American Elsevier Publishing Company, 1998. p.132-141.
- DEMARCO, P.J; SIQUEIRA, M. 2009. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? *Megadiversidade*. 5:1-2.
- ESTEVES, F. A. ; SCARANO, F. R.; FURTADO, A. L. S. 2002. Restingas e lagoas costeiras do norte-fluminense.2002. - Os Sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. p. 83-97
- HÖLLDOBLER, B. E. O. WILSON. 1990. The Ants. Springer, Berlin, 732 pp. DM 198.
- GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. 2005. Os insetos: um resumo de entomologia. tradução de Sonia Maria Marques Hoenen. 3. ed. São Paulo: Roca, 440p.
- JONES, C. G; J. H. LAWTON; M. SHACHAK. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373–386.

- KASPARI, M; WEISER, M.D. 1999. The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. *Functional Ecology* 13:530–538.
- KEMPF, W. W. 1972. Catálogo abreviado das formigas da região Neotropical. *Studia Entomologica* 15:3-344.
- KLINGENBERG, C.; BRANDÃO, C.R.F. & ENGELS, W. 2007. Primitive nest architecture and small monogyneous colonies in basal Attini inhabiting sandy beaches of Southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 42 121–126.
- KLINGENBERG, C; BRANDÃO, C.R.F. 2009. Revision of the fungus-growing ant genera *Mycetophylax* Emery and *Paramycetophylax* Kusnezov rev. stat., and description of *Kalathomyrmex* n. gen. (Formicidae: Myrmicinae:Attini). *Zootaxa*. 2009; 2052: 131.
- LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGARIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42:1-13.
- LEAL, I. R.; WIRTH, R.; TABARELLI, M. 2012. Formigas cortadeiras e a ambiguidade de suas relações com plantas. In: Kleber Del-Claro; Helena Maura Torezan-Silingardi. (Org.). *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva*. 1ed. Uberlândia. *Technical Books Editora*, v. 1, p. 215-239.
- MADUREIRA, M.S; SHOEREDER, J.H; TEIXEIRA, M.C; SOBRINHO, T.G. 2013. Why does *Atta robusta* (Formicidae) not change soil features around their nests as other leaf-cutting ants do?. *Soil Biology & Biochemistry* 57:916-918.
- MARINEZ, F.S.; DURIGAN, G. 2007. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo *Revista Brasil. Bot.* 30:233-243.
- OLIVEIRA, P. S.; SENDOYA S.F.; DEL-CLARO, K. 2012. Defesas bióticas contra herbívoros em plantas do Cerrado: Interações entre formigas, nectários extraflorais e insetos trofobiontes. In: Kleber Del-Claro; Helena Maura Torezan-Silingardi. (Org.). *Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva*. Rio de Janeiro: *Technical Books*, v. 1, p. 157-165.
- PAPAVERO, N., D. M. TEIXEIRA & L. R. PRADO. 2013. História da Biogeografia – do Gênesis à Primeira Metade do Século XIX. 1ª edição. *Technical Books Editora*. Rio de Janeiro. 443p.
- RIDLEY, M. 2004. *Evolução*. Editora Artmed, São Paulo.
- SIQUEIRA, M. F.; PETERSON, A. T. 2003. Global climate change consequences for cerrado tree species. *Biota Neotropica* 3:1.
- SCARANO, F. R.; DUARTE, H. M.; RIBEIRO, K. T.; RODRIGUES, P. J. F. P.; BARCELLOS, E. M. B. ; FRANCO, A. C. ; BRULFERT, J. ; DELEENS, E. ; LÜTTGE, U. 2001. Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographical distribution to ecophysiological parameters. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 136: p. 345-364.
- SOSA-CALVO, JEFFREY; JESOVNIK, ANA; VASCONCELOS, HERALDO L.; BACCI, JR.; MAURICIO; SCHULTZ, TED, R. 2017. Rediscovery of the enigmatic fungus-

farming ant *Mycetosoritis asper* Mayr (Hymenoptera: Formicidae): Implications for taxonomy, phylogeny, and the evolution of agriculture in ants. *PLoS One*. 12: 5.

TRIPLEHORN, C. A. & N. F. JOHNSON. 2011. Estudo dos insetos _ tradução da 7ª edição de Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects. São Paulo, *Cengage Learning*, 809 p.

ULYSSEA, M.A. ; BRANDAO, C.R.F. 2012. A new ant species of *Oxyepoecus* (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae), with the description of *Oxyepoecus browni* gyne and new records for the genus. *Pap. Avulsos Zool.* 52:167-173.

WARD, P.S. 2014. The Phylogeny and Evolution of Ants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 45: 23-43

Capítulo I

Modelagem da distribuição potencial de três espécies de *Mycetophylax*, Emery 1913 (Formicidae - Attini) endêmicas de dunas costeiras na Região Neotropical.

Borges-Silva. Ana Beatriz ¹; Cardoso² D.C.

¹ Departamento de Biologia Geral Programa de Pós-graduação em Ecologia, UFV. Av. P. H. Rolfs s/n. Edifício Chotaro Shimoya. Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 36570-900. anab.cbilogicas@gmail.com

² Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente – DEBIO. Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. 35400-000. danonclemes@gmail.com

Autor para Correspondência: Danon Cledes Cardoso, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente – DEBIO. Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. 35400-000. danonclemes@gmail.com.

Redigido em formato de artigo.

RESUMO - Através da modelagem ambiental observou-se as distribuições geográficas potenciais para a ocorrência de três espécies endêmicas de restingas do gênero *Mycetophylax*, a partir de variáveis climáticas, para a América do Sul (20°N a 40°S) região pela qual o gênero tem ampla distribuição. As camadas de variáveis ambientais foram retiradas da plataforma online WorldClim foram georreferenciadas e somam 19 características climáticas. Foram empregados um total de 140 pontos correspondentes a soma dos pontos de cada espécie. Utilizamos seis algoritmos de modelagem de sistemas ambientais para modelar a distribuição, (BIOCLIM, DOMAIN, MaxEnt, GLM, Random Forest e SVM). O programa VSURF, através de análises sistêmicas, selecionou variáveis que seriam mais responsáveis aos modelos algoritmos. Os modelos, apresentaram resultados referentes às suas bases estatísticas, a partir destes dados foi gerado um mapa consenso que reuniu todos modelos climáticos projetando a adequabilidade ambiental e conseqüentemente a possível ocorrência da espécie. A partir das análises dos mapas consensos de todas as espécies observa-se a extrapolação mais recorrente de alta adequabilidade ambiental dentre as projeções indicadas se situam-se nas regiões do litoral do Pacífico, localizadas no norte do Chile e sul do Peru, porém baseados em premissas biológicas essa modelagem corresponderia a menor adequabilidade tendo em vista a dispersão e a história evolutiva destas espécies. Conclui-se que a modelagem realizada, ressaltou a importância desta categoria de análise ambiental para a descrição da distribuição das três espécies de formigas, pois é uma abordagem que suporta um maior aporte de dados e diferentes abordagens estatísticas, apresentando maior robustez de informações. As adequabilidade modeladas atentaram para uma revisão da aplicação de alguns algoritmos e incremento de variáveis ambientais bióticas e abióticas, no intuito de aproximar do real nicho ocupado. Nesse contexto o uso de modelos ambientais podem subsidiar estudos e compreensão de condições limitadoras e intrínsecas para a conservação de espécies, contribuindo para elucidar fatores de difícil mensuração uma vez que ao modelar locais de adequabilidade ambiental, é possível identificar quais fatores e condições de nicho, serão afetados ecologicamente por eventos ambientais, que influenciam a distribuição, como mudanças climáticas, modificação da paisagem, redução e antropização do habitat, e como estes relacionadas ao padrão de distribuição das espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga.

Palavras-chave: Adequabilidade, modelos, distribuição, formigas, *Mycetophylax*.

1.INTRODUÇÃO

Dentre o grupo de formigas cultivadoras de fungo, o gênero *Mycetophylax* (Emery, 1913), membro do clado Neoatiine, é composto por 21 espécies, (Sosa-Calvo *et al.*, 2017). Suas representantes são formadas por espécies que habitam as faixas de dunas costeiras do Atlântico, Caribe e Florestas tropicais (Klingenberg *et al.*, 2009; Cardoso *et al.*, 2012; Sosa-Calvo *et al.*, 2017). Dentre as 21 espécies do gênero *Mycetophylax*, três são endêmicas de dunas costeiras do Atlântico: *Mycetophylax conformis* (Mayr, 1884); *Mycetophylax morschi* (Emery, 1888); *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888). Elas se distribuem ao longo da costa da América do Sul, e em algumas Ilhas do Caribe, percorrendo toda a faixa do Atlântico Brasileiro (Kempff 1972; Cardoso *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2014). Nas regiões litorâneas do Brasil, estas espécies habitam complexos vegetacionais do domínio Mata Atlântica, que são denominados de vegetação plana costeira arenosa, ou restingas (Scarano *et al.*, 2001).

As espécies de *Mycetophylax* são consideradas attines basais, por possuírem um sistema primordial de agricultura e características peculiares de comportamento e diferenças estruturais da colônia. As colônias destas três espécies possuem poucos indivíduos em comparação a outros clados de formigas cultivadoras, considerados como avançados e intermediários. As colônias de *Mycetophylax* são monomórficas e geralmente monogínicas (Klingenberg *et al.*, 2007), geralmente as espécies *M. simplex* e *M. conformis* nidificam em dunas frontais, próximas ao preamar máximo. Ao contrário deste padrão, *M. morschi*, estabelece suas colônias em áreas com maior vegetação localizadas em depressões pós-dunas. Todas as espécies são coletoras de restos vegetais e carcaças de outros insetos que serão recursos são utilizados como substrato para o crescimento do fungo simbionte (Basidiomiceto-Leucocoprinae), (Klingenberg *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2014).

A população das espécies de *Mycetophylax* se distribuem de forma descontínua ao longo da costa do Atlântico Norte e Sul (Cardoso *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2015; Cardoso *et al.*, 2016). A espécie *M. morschi* ocorre na maioria das regiões litorâneas brasileiras, com registros de ocorrência desde a região Sul a região Nordeste. As três espécies *M. conformis*, *M. morschi* e *M. simplex*, ocorrem simpatricamente no litoral da cidade de Cabo Frio, RJ, sendo este o local limite de ocorrência para *M. simplex*. O limite para *M. conformis* é a cidade de Caraguatatuba ao norte de São Paulo. Desse modo, *M. conformis* possui registro de ocorrência acima do estado do Rio de Janeiro no sentido do nordeste brasileiro ao Caribe. Enquanto que

as ocorrências de *M. simplex* são registradas em direção oposta, no sentido do extremo Sul brasileiro (Cardoso *et al.*, 2012).

A filogeografia realizada por Cardoso *et al.*, (2015), fornece informações sobre a dispersão e características genéticas de populações da espécie *M. simplex*. Esta espécie se encontra sob o status vulnerável no decreto 445, de 17 de dezembro de 2014 (ICMBIO, 2016), sendo assim essa espécie pode ser utilizada como critério de proteção de áreas de restinga, que sabemos ser um ecossistema único e extremamente ameaçado por empreendimentos imobiliários e industriais. Para as demais espécies ainda não há na literatura dados que delimitem a distribuição de suas populações. Embora as três espécies ocupem áreas de dunas costeiras, informações sobre os nichos característicos de cada uma ainda não foram descritos na literatura para elucidar os padrões de distribuição (Cardoso *et al.*, 2014; Cardoso *et al.*, 2015).

Segundo Peterson *et al.*, (2011) o nicho ocupado pela espécie pode ser decomposto em escalas espaciais, assim denominado como nichos alfa (local), beta (regional) e gama (região geográfica). Estes tipos estão relacionados a escalas de diferentes magnitudes naturais que interferem nas resoluções geográficas e espaciais, dos fatores e condições ambientais que possivelmente influenciam um padrão de distribuição.

Atualmente existem várias ferramentas para análise da distribuição dos organismos e suas interações. Através de ferramentas de GIS (Geographic Information System) a modelagem de distribuição potencial de espécies (MDP) surge para a melhor compreensão da distribuição da biodiversidade, possibilitando sistematizar e relacionar dados georreferenciados a variáveis ambientais (taxas de precipitação, clima, topografia), avaliando assim a probabilidade da ocorrência ou não de uma espécie em um determinado local, em relação às variáveis testadas em diferentes escalas temporais (De Marco, 2009).

As abordagens desenvolvidas em MDP também são importantes pontos de partida para tomadas de decisões conservacionistas. Nesse sentido, a modelagem da distribuição potencial elaborada para espécies endêmicas ou com algum status de ameaça, torna-se uma importante ferramenta para análise de adequabilidades ambientais, ligados a qualidade, estado de conservação e características intrínsecas dos habitats que são necessários para a existência das mesmas. Dessa forma a MDP pode prever ou delinear a distribuição de espécies para estratégias de conservação (De Marco, 2009; Delapicolla, 2016).

Nesse intuito, o presente estudo propôs modelar a adequabilidade ambiental das áreas de ocorrência, e possíveis ocorrências, de três espécies endêmicas de formigas de dunas costeiras do gênero *Mycetophylax*, para América do Sul. Esta modelagem foi elaborada a partir de dados georreferenciados, das coletas de colônias realizadas nas regiões sul, sudeste, e nordeste do Brasil e dados da literatura mundial. Descrevemos os padrões de adequabilidade para as três espécies no intuito de contribuir para uma maior compreensão dos prováveis limites de ocorrência de espécies endêmicas de *Mycetophylax* de restinga, história evolutiva e conservação das espécies. Em particular, ressaltamos a espécie *Mycetophylax simplex* que se encontra atualmente em status de vulnerabilidade dentre a espécie da mirmecofauna biota brasileira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Registrou-se presenças de *Mycetophylax conformis*, *Mycetophylax morschi*, *Mycetophylax simplex*, através dos registros de ocorrência, distribuídos na América do Sul e América Central até o Caribe. As coordenadas geográficas das áreas de registros foram relatadas no sistema de referência UTM-WGS84 GD e estão localizadas entre as latitudes 20°N a 40°S. A modelagem de distribuição potencial ambiental foi elaborada para cada espécie, usando-se 140 pontos de registros. Os dados de registros de ocorrência localizados no Caribe e nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil são originados da literatura (Bolton, 2016) e os dados das Regiões Sul e Sudeste do Brasil são oriundos de coletas realizadas por Cardoso *et al.*, (2012); Cardoso *et al.*, (2014); Cardoso *et al.*, (2015).

Mycetophylax conformis Foram usados 31 pontos de registro de ocorrência da espécie *M. conformis*, sendo 28 localizados no Brasil. O ponto mais ao Sul localiza-se no estado de São Paulo, (25°02'01.6"S 7°53'03.8"W, na cidade de Caraguatatuba – SP), com pontos descontínuos s dentre os estados do Rio de Janeiro, Bahia e Pará (CARDOSO *et al.*, 2014). Os três pontos restantes, estão distribuídos entre os países: Porto Rico (18°11'42.8"N 67°08'24.7"W) Trinidad e Tobago (10°10'00.0"N 61°04'60.0"W) e Venezuela (10°28'00.0"N 66°04'60.0"W). Os dados registrados no Brasil nas Regiões Sul e Sudeste são oriundos de coleta de Cardoso *et al.*, (2012) e Cardoso *et al.*, (2014). Os registros de ocorrência na região Norte do Brasil e do Caribe foram obtidos da literatura (Bolton, 2016) (Tabela 01).

Mycetophylax morschi Foram usados 59 pontos de registro de ocorrência. Estes pontos são registros de coletas realizadas por Cardoso *et. al.*, (2012); Cardoso *et. al.*, (2014) nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Na Região Sudeste o ponto mais ao norte localiza-se em São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro (21°40'04.2"S 41°01'15.0"W). O ponto mais ao sul está localizado na cidade de Torres, Rio Grande do Sul (29°21'48.2"S 49°44'27.6" W) (Cardoso *et al.*, 2012; Cardoso *et al.*, 2014,) (Tabela 02).

Mycetophylax simplex Para a modelagem da espécie *Mycetophylax simplex* foram usados 50 cinquenta pontos distribuídos nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil. Na Região Sudeste o ponto mais ao norte se localiza na cidade de Cabo Frio, Rio de Janeiro (42°02'15.8"N 22°54'31.4"W) e o ponto localizado na Região Sul, refere-se a cidade de Chuí, no estado do

Rio Grande do Sul (33°35'30.1"S 53°16'13.2"W) (Cardoso *et al.*, 2012; Cardoso *et al.* 2014; Cardoso *et al.*, 2015) (Tabela 03).

Tabela 01. Localidades de ocorrência de *Mycetophylax conformis*, nas dunas costeiras da América do Sul.

<i>Mycetophylax conformis</i>					
Registros	Longitude	Latitude	País	Estado	Cidade
1	-44.33282	-22.9952	BR	Rio de Janeiro	Angra dos Reis
2	-44.51905	-23.02651	BR	Rio de Janeiro	Perequê
3	-43.65189	-23.04399	BR	Rio de Janeiro	Marambaia
4	-43.65563	-23.04784	BR	Rio de Janeiro	Marambaia
5	-43.60149	-23.05004	BR	Rio de Janeiro	Arraial do Cabo
6	-43.66661	-23.0522	BR	Rio de Janeiro	Marambaia
7	-43.6723	-23.05276	BR	Rio de Janeiro	Marambaia
8	-43.67519	-23.05298	BR	Rio de Janeiro	Marambaia
9	-43.57361	-23.05676	BR	Rio de Janeiro	Marambaia
10	-41.50153	-22.21686	BR	Rio de Janeiro	Quissamã
11	-41.49995	-22.21611	BR	Rio de Janeiro	Quissamã
12	-41.01553	-21.63927	BR	Rio de Janeiro	São João da Barra
13	-42.82988	-22.95988	BR	Rio de Janeiro	Maricá
14	-42.03771	-22.90873	BR	Rio de Janeiro	Cabo Frio
15	-42.87036	-22.9645	BR	Rio de Janeiro	Maricá
16	-41.34699	-21.71757	BR	Rio de Janeiro	Campo dos Goytacases
17	-42.02021	-22.88739	BR	Rio de Janeiro	Cabo Frio
18	-42.84403	-22.96098	BR	Rio de Janeiro	Maricá
19	-41.0173	-21.64804	BR	Rio de Janeiro	São João da Barra
20	-42.84671	-22.96148	BR	Rio de Janeiro	Maricá
21	-45.3056	-23.57443	BR	São Paulo	Caraguatatuba
22	-67.14018	18.19523	PUR	Mayaguez	Mayaguez
23	-61.08333	10.16667	TRI	Mayaro	Guayaguayare
24	-66.08333	10.46667	VEN	Miranda	Huiguerote
25	-47.34903	-0.67105	BR	Pará	Salinópolis
26	-37.50472	-11.67583	BR	Bahia	Mangue Seco
27	-39.18333	-17.73333	BR	Bahia	Barra de Caravelas
28	-43.94694	-22.92333	BR	Rio de Janeiro	Vila Muquiri
29	-42.81861	-22.91944	BR	Rio de Janeiro	Maricá
30	-41.70778	-22.28889	BR	Rio de Janeiro	Macaé
31	-45.41306	-23.62028	BR	São Paulo	Caraguatatuba

Legenda; BR: Brasil, PUR: Porto Rico, TRI: Trindade e Tobago, VEN: Venezuela.

Tabela 02. Localidades de ocorrência de *Mycetophylax morschi*, nas áreas de dunas costeiras em restingas do Brasil.

<i>Mycetophylax morschi</i>					
Registros	Longitude	Latitude	País	Estado	Cidade
1	-49.46676	-28.94351	BR	Santa Catarina	Araranguá
2	-49.37733	-28.95567	BR	Santa Catarina	Morro dos Conventos
3	-49.3576	-28.93712	BR	Santa Catarina	Morro dos Conventos
4	-49.46843	-29.04314	BR	Santa Catarina	Balneário Arroio do Silva
5	-49.43903	-29.01356	BR	Santa Catarina	Balneário Arroio do Silva
6	-49.59977	-29.18495	BR	Santa Catarina	Balneário Gaivotas
7	-48.83505	-28.60741	BR	Santa Catarina	Laguna
8	-49.36655	-28.90958	BR	Santa Catarina	Hercílio Luz
9	-49.31989	-28.90288	BR	Santa Catarina	Morro dos Conventos
10	-49.20584	-28.8148	BR	Santa Catarina	Balneário Rincão
11	-43.66788	-23.05207	BR	Rio de Janeiro	Restinga de Marambaia
12	-43.60256	-23.04944	BR	Rio de Janeiro	Restinga de Marambaia
13	-44.33298	-22.99521	BR	Rio de Janeiro	Angra dos Reis
14	-42.03713	-22.90668	BR	Rio de Janeiro	Cabo Frio
15	-41.02084	-21.66783	BR	Rio de Janeiro	São Joao da Barra
16	-41.01961	-21.65997	BR	Rio de Janeiro	São Joao da Barra
17	-41.93003	-22.53303	BR	Rio de Janeiro	Rio das Ostras
18	-42.03768	-22.90858	BR	Rio de Janeiro	Cabo Frio
19	-42.84664	-22.96149	BR	Rio de Janeiro	Maricá
20	-48.83784	-28.60805	BR	Santa Catarina	Balneário Arroio Corrente
21	-48.70807	-28.3182	BR	Santa Catarina	Laguna
22	-48.70713	-28.31488	BR	Santa Catarina	Laguna
23	-48.63296	-27.99651	BR	Santa Catarina	Garopaba
24	-48.63285	-27.99327	BR	Santa Catarina	Garopaba
25	-48.58783	-27.84234	BR	Santa Catarina	Paulo Lopes - Praia do sonho
26	-48.58762	-27.84307	BR	Santa Catarina	Paulo Lopes - Praia do sonho
27	-48.44974	-27.62749	BR	Santa Catarina	Florianópolis - Praia da Joaquina
28	-48.45044	-27.6282	BR	Santa Catarina	Praia da Joaquina
29	-48.45209	-27.62733	BR	Santa Catarina	Praia da Joaquina
30	-48.52021	-27.78137	BR	Santa Catarina	Pantano do Sul
31	-48.39214	-27.48752	BR	Santa Catarina	Rio Vermelho(Praia do Mocambique
32	-48.63631	-26.86241	BR	Santa Catarina	Meia Praia
33	-48.63547	-26.85835	BR	Santa Catarina	Meia Praia
34	-48.51779	-26.25825	BR	Santa Catarina	Parque Estadual Acarai
35	-48.58297	-25.93519	BR	Paraná	Guaratuba
36	-48.39834	-25.60701	BR	Paraná	Pontal do Paraná
37	-49.74485	-29.36699	BR	Rio Grande do Sul	Torres
38	-49.74099	-29.36338	BR	Rio Grande do Sul	Torres
39	-49.93061	-29.61746	BR	Rio Grande do Sul	Terra de Areia
40	-50.18658	-30.13417	BR	Rio Grande do Sul	Cidreira
41	-50.18632	-30.13194	BR	Rio Grande do Sul	Cidreira
42	-48.51931	-26.26087	BR	Santa Catarina	São Francisco do Sul
43	-51.99016	-32.05079	BR	Rio Grande do Sul	São José do Norte
44	-53.34809	-33.72509	BR	Rio Grande do Sul	Santa Vitória do Palmar
45	-50.83284	-31.12929	BR	Rio Grande do Sul	Mostardas
46	-51.99159	-32.05234	BR	Rio Grande do Sul	São José do Norte
47	-52.20195	-32.22284	BR	Rio Grande do Sul	Olimpo
48	-52.1916	-32.21705	BR	Rio Grande do Sul	Olimpo
49	-50.83571	-31.1288	BR	Rio Grande do Sul	Mostardas
50	-53.34762	-33.72458	BR	Rio Grande do Sul	Santa Vitória do Palmar
51	-44.84781	-23.36079	BR	São Paulo	Ubatuba
52	-45.81921	-23.75502	BR	São Paulo	São Sebastião
53	-47.06988	-24.44149	BR	São Paulo	Peruibe
54	-47.06606	-24.43897	BR	São Paulo	Peruibe
55	-47.47328	-24.70851	BR	São Paulo	Ilha Comprida
56	-47.47321	-24.70774	BR	São Paulo	Ilha Comprida
57	-47.88468	-25.03352	BR	São Paulo	Ilha Comprida
58	-48.53865	-27.32345	BR	Santa Catarina	Gov. Celso Ramos , Praia de Palmas
59	-48.53838	-27.32436	BR	Santa Catarina	Gov. Celso Ramos , Praia de Palmas

Legenda; BR: Brasil.

Tabela 03. Localidades de ocorrência de *Mycetophylax simplex*, nas áreas de dunas costeiras em restingas do Brasil.

<i>Mycetophylax simplex</i>					
Registros	Longitude	Latitude	País	Estado	Cidade
1	-49.37699	-28.95593	BR	Santa Catarina	Araranguá
2	-49.35269	-28.93364	BR	Santa Catarina	Araranguá
3	-49.35586	-28.93694	BR	Santa Catarina	Araranguá
4	-49.47267	-29.0484	BR	Santa Catarina	Balneário Arroio do Silva
5	-49.46875	-29.04414	BR	Santa Catarina	Balneário Arroio do Silva
6	-49.46562	-29.04108	BR	Santa Catarina	Balneário Arroio do Silva
7	-49.43927	-29.0149	BR	Santa Catarina	Balneário Arroio do Silva
8	-49.59977	-29.18481	BR	Santa Catarina	Balnerio Gaiivota
9	-48.83549	-28.60821	BR	Santa Catarina	Laguna
10	-49.32046	-28.90322	BR	Santa Catarina	Araranguá
11	-49.20053	-28.8118	BR	Santa Catarina	Balnerio Rincão
12	-49.20302	-28.81351	BR	Santa Catarina	Balnerio Rincão
13	-49.20401	-28.81433	BR	Santa Catarina	Balnerio Rincão
14	-42.03763	-22.9083	BR	Rio de Janeiro	Cabo Frio
15	-48.70891	-28.32064	BR	Santa Catarina	Itapiruba - Imbituba
16	-48.70782	-28.31627	BR	Santa Catarina	Itapiruba - Imbituba
17	-48.63188	-27.99265	BR	Santa Catarina	Garopaba
18	-48.63296	-27.99651	BR	Santa Catarina	Garopaba
19	-48.58786	-27.84235	BR	Santa Catarina	Enseada da Pinheira
20	-48.58704	-27.84206	BR	Santa Catarina	Enseada da Pinheira
21	-48.4529	-27.62878	BR	Santa Catarina	Praia de Joaquina
22	-48.45047	-27.62809	BR	Santa Catarina	Praia de Joaquina
23	-48.45292	-27.62745	BR	Santa Catarina	Praia de Joaquina
24	-48.51942	-27.78124	BR	Santa Catarina	Praia dos Açores - Pântano do Sul
25	-48.38828	-27.48604	BR	Santa Catarina	Rio Vermelho
26	-48.63629	-26.86208	BR	Santa Catarina	Navegantes - Meia Praia
27	-48.6357	-26.86013	BR	Santa Catarina	Navegantes - Meia Praia
28	-48.51882	-26.26016	BR	Santa Catarina	São Francisco do Sul
29	-48.58262	-25.93473	BR	Santa Catarina	Guaratuba
30	-48.3869	-27.48471	BR	Santa Catarina	Rio Vermelho
31	-48.51558	-27.77994	BR	Santa Catarina	Pântano do Sul
32	-49.93227	-29.62056	BR	Rio Grande do Sul	Terra de Areia
33	-49.93186	-29.62011	BR	Rio Grande do Sul	Terra de Areia
34	-49.9315	-29.61931	BR	Rio Grande do Sul	Terra de Areia
35	-50.18639	-30.13308	BR	Rio Grande do Sul	Cidreira
36	-50.18636	-30.13197	BR	Rio Grande do Sul	Cidreira
37	-49.74163	-29.36399	BR	Rio Grande do Sul	Torres
38	-49.74238	-29.36538	BR	Rio Grande do Sul	Torres
39	-48.51909	-26.26046	BR	Santa Catarina	São Francisco do Sul
40	-52.18938	-32.2169	BR	Rio Grande do Sul	Rio Grande
41	-50.8375	-31.12258	BR	Rio Grande do Sul	Mostardas
42	-50.83636	-31.12451	BR	Rio Grande do Sul	Mostardas
43	-53.35576	-33.73082	BR	Rio Grande do Sul	Santa Vitória do Palmar
44	-51.99036	-32.05121	BR	Rio Grande do Sul	São José do Norte
45	-51.98678	-32.04794	BR	Rio Grande do Sul	São José do Norte
46	-50.83569	-31.12591	BR	Rio Grande do Sul	Mostardas
47	-47.47248	-24.70705	BR	São Paulo	Ilha Comprida
48	-47.88439	-25.03378	BR	São Paulo	Ilha Comprida
49	-48.4507	-25.67146	BR	Paraná	Pontal do Paraná
50	-48.53866	-27.32345	BR	Paraná	Gov. Celso Ramos - Praia de Palmas

Legenda; BR: Brasil.

2.2 Variáveis ambientais

Para a realizar a modelagem as variáveis bioclimáticas foram retiradas da plataforma online WorldClim, versão 2.0. Estas camadas são em formato GeoTiff (.tif), obtidos a uma resolução espacial de 10 minutos (~ 340 km²), e referem-se a dados climáticos do período de 1970-2000. A plataforma WorldClim fornece 19 variáveis climáticas que formam um envelope bioclimático para a modelagem. Para selecionar as variáveis que forneceriam as melhores respostas da modelagem, utilizamos o VSURF (Seleção Variável Usando Florestas Aleatórias). Este pacote realiza uma análise composta por três etapas que são: limiarização, interpretação e predição das variáveis. Por meio desta análise as variáveis foram selecionadas para cada espécie e formaram a base do envelope bioclimático (Tabela 04). Os cortes das variáveis ambientais para América do Sul foram retirados da plataforma online WORLD CLIM, que fornece dados de variáveis climáticas, referente a todas regiões do globo. O programa ArcGis versão 10.2 foi usado para todas as produções de mapas apresentados neste artigo.

Tabela 04. Variáveis climáticas retiradas da Plataforma WorldClim Versão 2.0 e variáveis selecionadas pelo programa VSURF, para as espécies de *Mycetophylax*.

Variáveis Climáticas - WorldClim	Variáveis Selecionadas - VSURF		
	<i>Mycetophylax conformis</i>	<i>Mycetophylax morschi</i>	<i>Mycetophylax simplex</i>
BIO1 = Temperatura média anual	8	8	
BIO2 = Intervalo médio diurno (Média mensal (temp - min temp))			
BIO3 = Isotermalidade (* 100)			
BIO4 = Sazonalidade da temperatura (desvio padrão * 100)			
BIO5 = Temperatura máxima do mês mais quente			
BIO6 = Temperatura mínima do mês mais frio			
BIO7 = Faixa anual de temperatura			
BIO8 = Temperatura média do trimestre mais úmido			
BIO9 = Temperatura média do trimestre seco			
BIO10 = Temperatura média do trimestre mais quente	4	7	6
BIO11 = Temperatura média do trimestre mais frio	7	5	5
BIO12 = Precipitação anual	6	4	3
BIO13 = Precipitação do mês mais úmido			
BIO14 = Precipitação do mês mais seco	5	6	7
BIO15 = Sazonalidade da precipitação (Coeficiente de Variação)	3	2	1
BIO16 = Precipitação do trimestre mais úmido	1	1	2
BIO17 = Precipitação do mês mais seco	2	3	4
BIO18 = Precipitação do trimestre mais quente			
BIO19 = Precipitação do trimestre mais frio			

LEGENDA; Posição no Ranking 1;2;3;4;5;6;7;8;9 - nível de importância de cada variável.

2.3 Algoritmos para modelagem

Para a construção do modelo de distribuição potencial de espécies nós utilizamos seis algoritmos, de diferentes bases a fim de complementar a análise através das características intrínsecas de cada. Os algoritmos escolhidos foram; BIOCLIM, DOMAIN, GLM (Generalized Linear Model), RandomForest, MaxEnt, SVM (Support Vector Machines).

O algoritmo BIOCLIM é um envelope climático que calcula a similaridade de um local comparando os valores das variáveis ambientais em qualquer local com a distribuição percentual dos valores em locais de ocorrência. Este algoritmo em conjunto com o DOMAIN, utiliza os envelopes criados em formatos retilíneos fundamentados em calcular para cada variável um limite (superior e inferior) para a ocorrência da espécie, para que ao final da análise predizer a não correlação entre as variáveis nos pontos de ocorrência da espécie (De Marco *et al.*, 2009; Peterson *et al.*, 2011).

O MaxEnt é um algoritmo de entropia máxima usado para criar uma distribuição de probabilidade sobre pixels em um gradiente da área de modelagem (Phillips *et al.* 2008). O resultado é um objeto modelo que estima a distribuição da espécie através das análises de cada variável ambiental nos pontos de ausência que possivelmente serão mais próximos das características ambientais dos locais originais de ocorrência das espécies (De Marco *et al.*, 2009). O algoritmo GLM (Generalized Linear Model) é usado para ajustar modelos lineares generalizados, fornecendo uma descrição simbólica do preditor linear e uma descrição da distribuição de erro entre correlação de variáveis, na extração de uma média entre a presença e ausência (Peterson *et al.*, 2011).

O algoritmo RandomForest (RF) trata-se de uma combinação de muitas árvores preditoras (floresta), em que cada árvore é gerada a partir de um vetor aleatório, amostrado de forma independente e com a mesma distribuição para todas as árvores na floresta. As subdivisões dentro de cada árvore são determinadas com base em um subconjunto de covariáveis, escolhido aleatoriamente a partir do total existente. No caso de RF para regressão, o resultado consiste da média dos resultados de todas as árvores (Phillips, 2006).

O SVM (*Support Vector Machine* – Máquina de Vetores de Suporte) é um método de aprendizagem supervisionada que utiliza o hiperplano de separação ótima, ou seja, o

hiperplano que maximiza a margem de separação entre as classes (são eles os pontos de treinamento e pontos de ocorrência da espécie). A teoria de SVM busca otimizar o desempenho sobre o conjunto de treinamento, para minimizar o “*risco estrutural*”, a probabilidade de classificar erroneamente padrões ainda não vistos pela distribuição de probabilidade dos dados (De Marco *et al.*, 2009; Phillips *et al.*, 2006).

2.4 Modelagem

A modelagem foi realizada através de uma análise conjunta entre as das variáveis climáticas, pontos georreferenciados de registro das espécies na área de estudo, algoritmos e pacotes de modelagem do programa estatístico. Esse arranjo corresponde a estrutura de modelagem a cada espécie analisada. Após a elaboração dos modelos, submetemos cada um desses a uma média para criar o mapa consenso que consiste na projeção da adequabilidade ambiental, para as regiões da área de estudo que apresentem probabilidades de ocorrência da espécie. Utilizamos como background, pontos aleatórios por toda Região América do Sul e Caribe. Correlacionando 75% das amostras como pontos de pseudoausência, de teste para a modelagem. Os pontos aleatórios foram separados em quatro grupos de 25%. Este teste é utilizado na análise das condições ambientais em que a espécie de estudo ocorre em comparação às ausências referentes aos pontos aleatórios, diminuindo assim o viés amostral entre as análises (Phillips *et al.*, 2009).

Utilizamos o Programa R (R-Core Team 2014) juntamente com os pacotes de modelagem específicos para cada modelo modelagem análise de adequabilidade ambiental e delinear a distribuição potencial das espécies. Os mapas de adequabilidade ambiental das espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga foram gerados através do programa ArcGis version 10.2.

3. RESULTADOS

A distribuição conhecida das espécies endêmicas de dunas costeiras para do gênero *Mycetophylax* ocorre da latitude norte 20° N, a latitude sul 40°S abrangendo parte do Caribe e toda costa brasileira. Entretanto a modelagem de distribuição potencial realizada para as três espécies revelou possibilidades de distribuição em regiões que extrapolam as áreas de registros de ocorrência. A modelagem de distribuição potencial foi representada no mapa consenso, pela adequabilidade categorizada em três faixas (baixa média e alta).

Mycetophylax conformis

A sensibilidade dos algoritmos foi testada através da curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve). Estes responderam com significância $AUC > 0.9$ aos algoritmos; BIOCLIM, $AUC=0.972$; DOMAIN, $AUC = 0.944$; RandomForest, $AUC = 1$. E com significância $AUC < 0.9$ os algoritmos; MaxEnt, $AUC = 0.789$ e GLM $AUC = 0.599$. O pacote VSURF (Variable Selection Using Random Forests) selecionou oito variáveis bioclimáticas: Temperatura média anual (BIO1); Temperatura média do trimestre mais quente (BIO10); Temperatura média do trimestre mais frio (BIO11); Precipitação anual (BIO12); Precipitação do mês mais seco (BIO14); Precipitação do semestre mais úmido (BIO16); Precipitação do trimestre mais seco (BIO17); Precipitação sazonalidade (Coeficiente de Variação) (BIO15).

Os algoritmos apresentaram padrões diferenciados para modelar a distribuição de adequabilidade ambiental de *M. conformis*. Os algoritmos que corresponderam às análises de forma menos restrita regionalmente, expandindo suas análises para toda América do Sul, correspondem aos algoritmos: BIOCLIM, DOMAIN, GLM e MaxEnt.

A análise da adequabilidade ambiental no mapa consenso foi representada pelo resultado das médias de todos os seis algoritmos utilizados. Esta análise tem por finalidade gerar um único modelo de adequabilidade ambiental. A modelagem de distribuição potencial a nível do território brasileiro de *M. conformis* sugere que as áreas de adequabilidade ambiental mais expressivas são encontradas nas regiões costeiras do Sudeste e Nordeste e nas regiões centrais da Amazônia e do Pantanal. Os pontos de alta adequabilidade ambiental estão localizados nas zonas costeiras do Sudeste e correspondem aos estados do: Espírito Santo, Rio de Janeiro; na Região do Nordeste, está delimitada no Sul da Bahia, Sergipe e Paraíba e na Região do Centro-Oeste; nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e no ponto extremo oeste Paulista. As menores

probabilidades de ocorrência em relação à média adequabilidade ambiental média são encontradas por todo interior brasileiro e na região dos Pampas. Nos demais países da Região Sul-Americana é observado a predominância de adequabilidades médias e baixas. As regiões que caracterizam por adequabilidades baixas se distribuem em alguns pontos no Sul do Chile, Região Central da Bolívia, Sul do Peru, Noroeste do Equador, pontos centrais do território da Colômbia e Venezuela. A maior extensão que compreende baixa adequabilidade ambiental está situada na Costa do Pacífico (Figura 01).

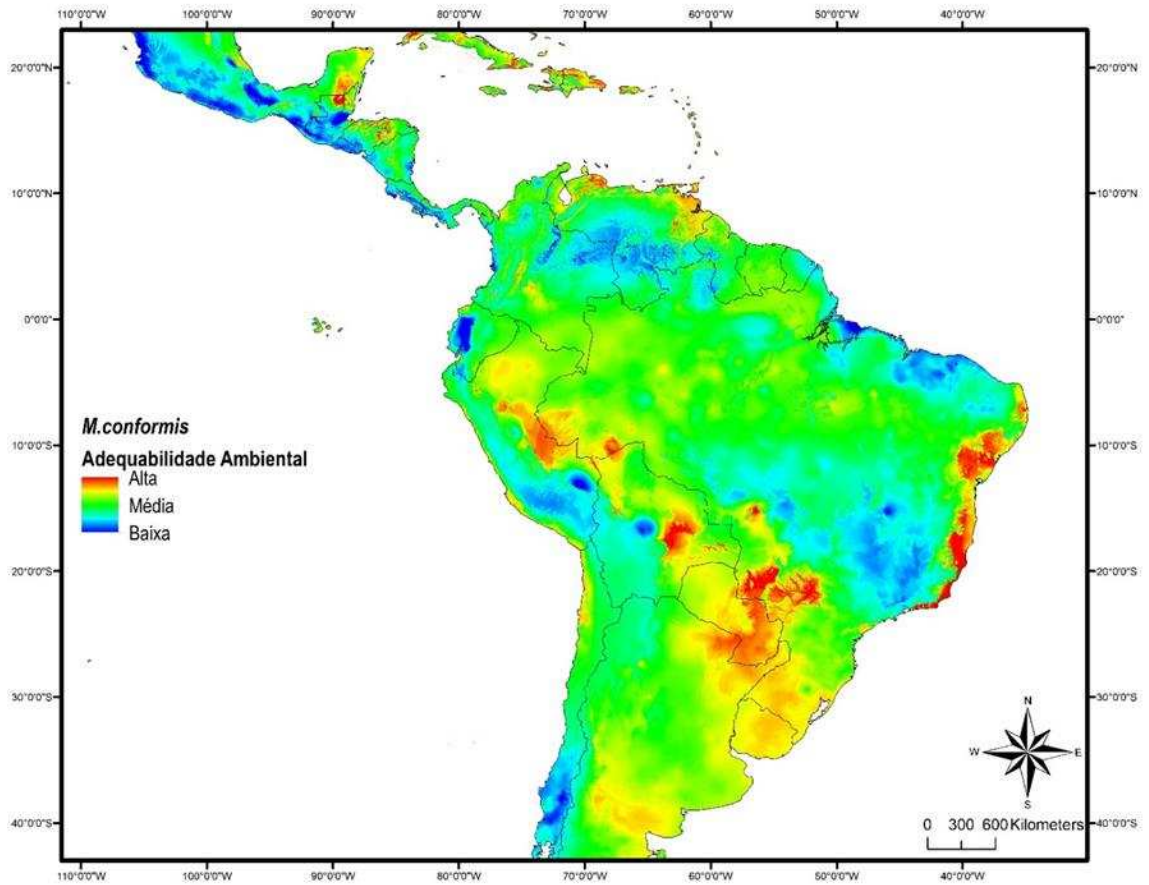


Figura 01. Mapa consenso referente aos algoritmos usados para a modelagem de adequabilidade ambiental de *Mycetophylax conformis*, para a América do Sul.

Mycetophylax morschi

A sensibilidade dos algoritmos foi testada através da curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve). Estes responderam com significância $AUC > 0.9$ aos algoritmos; BIOCLIM, $AUC=0.996$; DOMAIN, $AUC = 0.979$; RandomForest, $AUC = 1$. GLM, $AUC= 0.922$. Sendo as curvas com valores < 0.9 correspondem ao algoritmo MaxEnt, $AUC = 0.878$.

O pacote VSURF (Variable Selection Using Random Forests) selecionou oito variáveis: Temperatura média anual (BIO1); Temperatura média do trimestre mais quente (BIO10); Temperatura média do trimestre mais frio (BIO11); Precipitação Anual (BIO12); Precipitação do mês mais seco (BIO14); Sazonalidade da Precipitação (Coeficiente de Variação) (BIO15); Precipitação do trimestre mais úmido (BIO16); Precipitação do mês mais seco (BIO17).

Os algoritmos apresentaram padrões diferenciados para modelar a distribuição de *M. morschi*. Todos apresentaram escalas diferenciadas nas faixas de adequabilidade ambiental. Os algoritmos DOMAIN, GLM e MaxEnt apresentaram mais regiões de alta adequabilidade distribuídas ao longo da América do Sul. Ambos analisaram as regiões de ocorrência e expandiram para áreas litorâneas do Pacífico e Floresta Amazônica. Os algoritmos BIOCLIM, RandomForest e SVM, foram discretos nas análises de possível ocorrência.

A modelagem de distribuição potencial foi representada no mapa consenso, pela amplitude da adequabilidade. Por toda extensão da América do Sul, a faixa de adequabilidade ambiental média foi modelada para esta espécie, sendo a mais expressiva entre as faixas de adequabilidade. As faixas de alta adequabilidade são modeladas para faixas da Amazônia brasileira, norte do Peru e sul da Colômbia, o litoral da Bahia e para toda Região Sul brasileira, pontos do interior e litoral argentino e uma área pontual ao norte do litoral do Chileno. A menor probabilidade de ocorrência da espécie, indicada pela baixa adequabilidade ambiental é encontrada nas Regiões Andinas que abrangem os territórios do Chile, litoral Peruano e o norte da Colômbia e no Brasil são observadas em alguns pontos do interior da Região Nordeste (Figura 02).

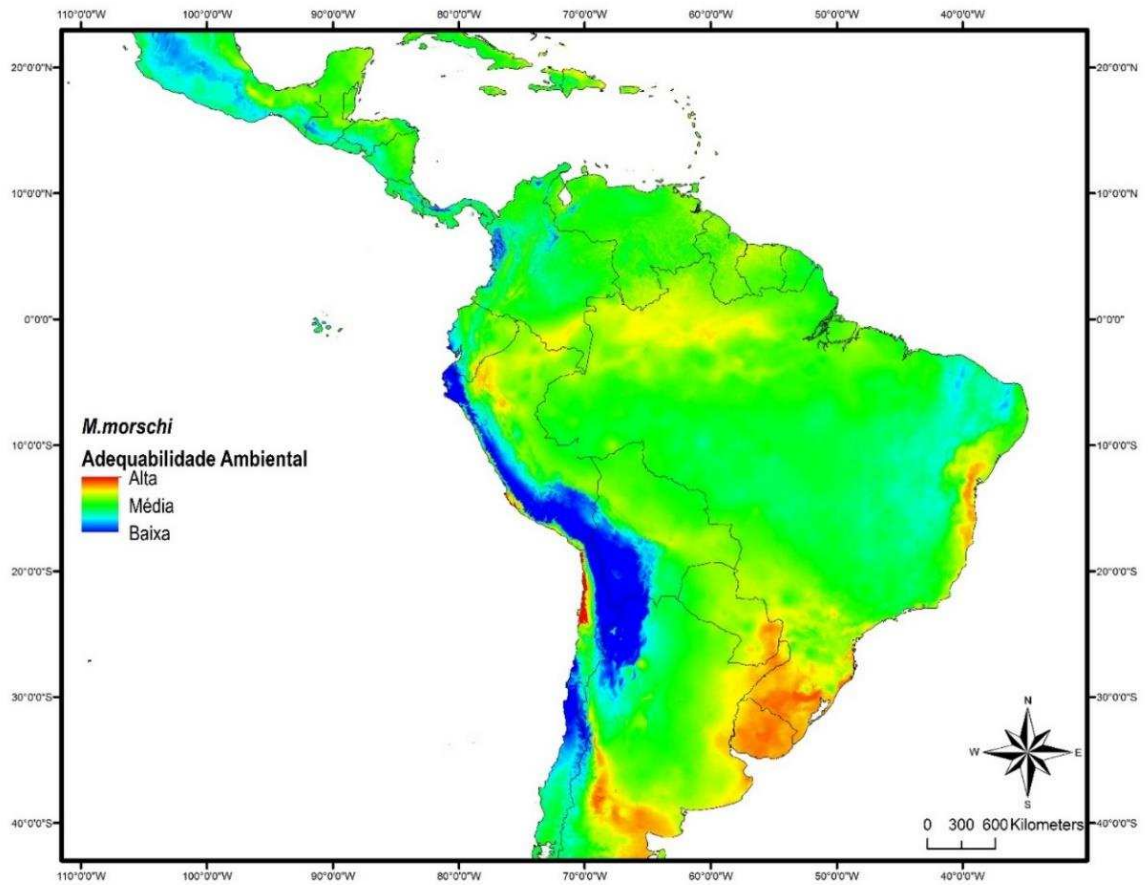


Figura02. Mapa de consenso referente aos algoritmos usados para a modelagem de adequabilidade ambiental de *Mycetophylax morschi*, para a América do Sul.

Mycetophylax simplex

A sensibilidade dos algoritmos foi testada através da curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve). Estes responderam com significância $AUC > 0.9$ aos algoritmos; BIOCLIM, $AUC = 0.996$; DOMAIN, $AUC = 0.965$; GLM, $AUC = 0.926$; RandomForest, $AUC = 1$. A curva do algoritmo MaxEnt, foi de $AUC = 0.85$.

O pacote VSURF (Variable Selection Using Random Forests) selecionou sete variáveis climáticas mais relevantes relacionadas a distribuição desta espécie, são elas; Sazonalidade da Precipitação (Coeficiente da Variação) (BIO15); Precipitação do Trimestre mais úmido (BIO16); Precipitação anual (BIO 12); Precipitação do mês mais seco (BIO 17); Temperatura média do trimestre mais frio (BIO11); Temperatura média do trimestre mais quente (BIO 10); Precipitação do mês mais seco (BIO14).

Os algoritmos apresentaram padrões diferenciados para modelar a distribuição de *M. simplex*. A adequabilidade analisada pelo algoritmo BIOCLIM corresponde a valores de baixa adequabilidade por toda América do Sul. As adequabilidades altas são encontradas nas localidades de zonas costeiras do Sudeste e Sul, também nas regiões costeiras e interioranas do Rio Grande do Sul, Noroeste do Mato Grosso do Sul, Sudeste do Paraguai e Noroeste do Uruguai. Os algoritmos DOMAIN, GLM, MaxEnt, apresentaram análises mais expansivas para áreas de possível ocorrência da espécie, correspondendo a alta adequabilidade.

As adequabilidades mais específicas entre os modelos analisados são observadas no algoritmo RandomForest. Estes modelaram áreas restritas com pontos de adequabilidade alta situados nas Regiões costeiras do Sudeste e Sul do Brasil. O algoritmo SVM, modelou, pontos específicos no litoral Baiano, Sul brasileiro e Região Central do Peru. A grande maioria das Regiões da América do sul foram modeladas como áreas de baixa adequabilidade ambiental.

A projeção elaborada para o mapa consenso indica que as adequabilidades mais altas estão distribuídas em uma faixa que compreende o sul Brasileiro, Uruguai e regiões noroeste da Argentina, sudoeste da Bolívia, leste do Chile margeando o sul litorâneo do Peru. As faixas de adequabilidade média estão representadas em regiões interioranas do Brasil, correspondente ao bioma Cerrado, na Região Central e faixa litorânea Nordeste. Também representa uma faixa de maior, incluindo norte e noroeste da Argentina, sul do

Chile, sudoeste da Bolívia, leste do Peru, litoral norte da Colômbia e Venezuela, e algumas porções da costa do Pacífico. A adequabilidade baixa é modelada por um contínuo que se inicia ao sul do Equador e margeia uma faixa do litoral Peruano, o interior do Chile e o noroeste da Argentina. Esta espécie demonstrou a maior amplitude espacial de faixas de adequabilidade ambiental para a América do Sul (Figura 03).

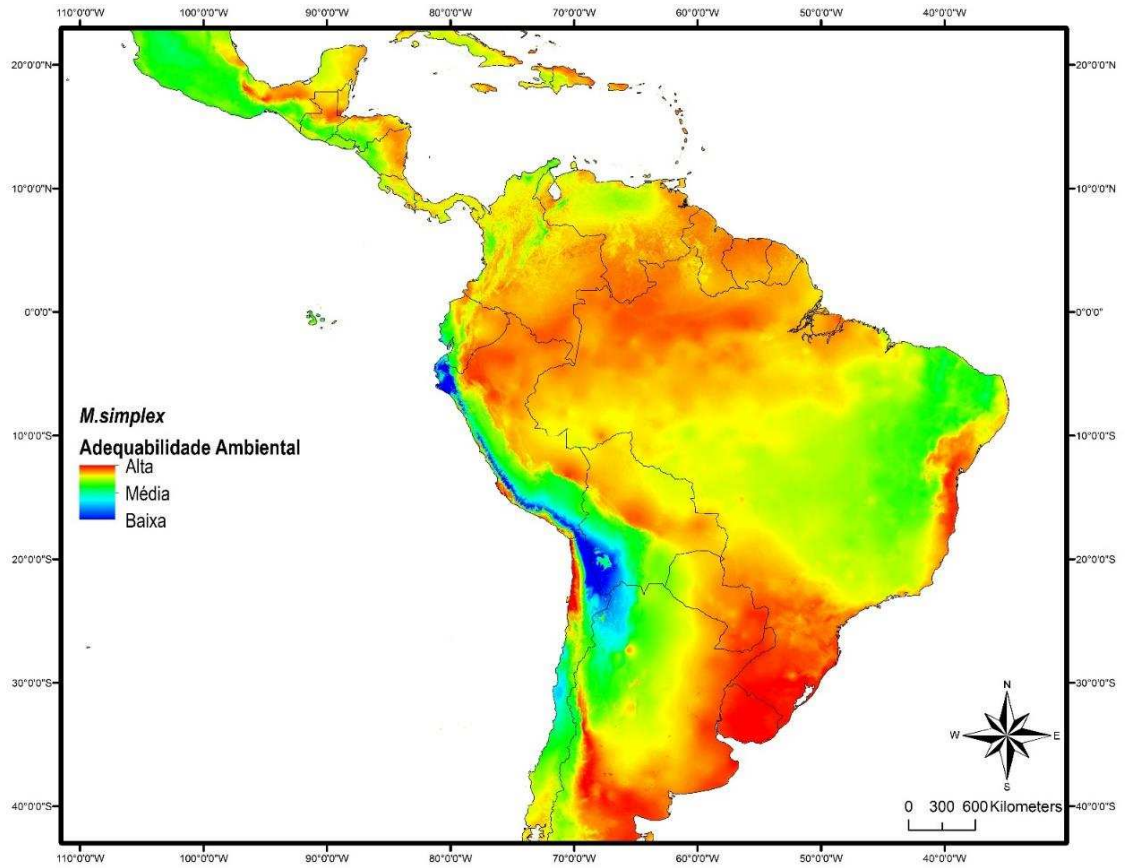


Figura 03. Mapa de consenso referente aos algoritmos usados para a modelagem de adequabilidade ambiental de *Mycetophylax simplex*, para a América do Sul.

4. DISCUSSÃO

Através da modelagem de distribuição potencial, podemos inferir que as áreas de adequabilidade podem ampliar o conhecimento da possível distribuição destas espécies a ponto de fornecer dados sobre nicho. As três espécies *Mycetophylax conformis*, *Mycetophylax morschi* e *Mycetophylax simplex* endêmicas de dunas costeiras brasileiras, possuem grande amplitude de ocorrência, sendo adaptadas a diversos habitats, como regiões mais subtropicais (sul brasileiro) e regiões tropicais (sudeste e nordeste brasileiro) (IBGE, 2010).

A modelagem de distribuição de espécies, confirmou as áreas de ocorrência de acordo com os registros atuais e apontou novos locais de possível adequabilidade ambiental para a ocorrência das espécies. Entretanto, as novas áreas de adequabilidade devem ser analisadas de acordo com bases biogeográficas. Segundo Soberón *et al.*, (2005), um dos fundamentos para o estabelecimento de populações é o tipo de dispersão do organismo e as características de nichos realizados. Portanto, correlacionar fatores ecológicos e biológicos à modelagem preditora fornecerá subsídios que de fato confirmem ou auxiliem no entendimento da distribuição das espécies.

Afim de diminuir o viés na modelagem, causado pela estatística de algum algoritmo e pela exiguidade de variáveis ambientais na elaboração do modelo (Lemes, *et al.*, 2011) é interessante a aplicação de algoritmos específicos ou um número maior deles juntamente com o uso de variáveis ambientais de diferentes abordagens. O viés amostral pode ser ocasionado também pelo compartilhamento dos índices das variáveis analisadas (por ex: taxas de precipitação, temperatura) entre pontos de ocorrência e ausência das espécies, em consequência das características ambientais comuns dentre as regiões que compõe a área de estudo, sendo no presente estudo a América do Sul (Stockwell *et al.*, 1992).

Os mapas consenso das espécies modeladas, demonstra uma extrapolação de pontos de adequabilidade ambiental fora das regiões de ocorrência das espécies. As áreas que apresentaram alta adequabilidade ambiental são delineadas com expressividade para a região Andina, em territórios do Peru, Chile, Bolívia e Argentina, no Brasil observamos na Amazônia e Pantanal e nas Regiões Nordeste e Sul. Este padrão foi acentuado nas projeções de adequabilidade indicadas no mapa consenso da espécie *M. simplex*, demonstrando um paradoxo na distribuição, uma vez que a modelagem indicou áreas com

o maior índice de adequabilidade para regiões que por fatores biogeográficos, evolutivos e biológicos da espécie teria a menor probabilidade de ocorrência. Dentre os mapas consenso também é observado que a diversidade dos possíveis pontos de adequabilidade médias e baixas em sua maioria, estão situados no interior do continente Sul Americano.

Além das hipóteses evolutivas levantadas por Cardoso *et al.*, (2015) sobre as possíveis causas da atual distribuição da espécie *M. simplex* e suas zonas de ocorrência ao longo das restingas, consideramos como sendo um dos principais fatores para sua distribuição, o clima caracterizado por baixas temperaturas e altos índices de pluviosidade encontrados nas regiões de ocorrência. Notou-se que a modelagem realizada para as espécies de *M. conformis*, e *M. morschi*, foram as mais restritivas quanto as zonas de alta adequabilidade ambiental. Um dos motivos que explicaria esse modelo seria o número de variáveis climáticas que foram selecionadas pelo pacote VSURF. Para as espécies de *M. conformis* e *M. morschi* foram analisadas 8 categorias de variáveis climáticas, e para *M. simplex* foram analisadas 7 categorias de variáveis. Essa seleção resultou em menos análises comparativas entre as variáveis climáticas dos pontos de ocorrência e de ausência das espécies na área de estudo, de forma que a modelagem de *M. simplex*, apresentou uma análise mais generalista de adequabilidade, apesar de ser uma espécie caracterizada como vulnerável, pela Portaria no 445, de 17 de Dezembro de 2014 (ICMBIO, 2014).

Por esses fatores observamos que a escolha dos algoritmos bem como o número e a qualidade das variáveis utilizadas, influenciam a elaboração final dos modelos preditivos e as indicações das áreas que possuem algum nível de adequabilidade ambiental (Peterson *et al.*, 2011). Dentre o conjunto de variáveis ambientais a serem exploradas, os aspectos do solo juntamente com características da biologia dos fungos simbiotes, representariam um dos fatores de relevância para a compreensão e delineamento da distribuição geográfica destas espécies. Estas variáveis funcionam como um filtro seletivo para formigas cultivadoras, uma vez que os fungos simbiotes possuem exigências climáticas para seu crescimento e o solo pode influenciar na manutenção, regulação da temperatura e estrutura do ninho garantindo condições específicas ao micro-habitat da colônia de espécies de formigas epigéicas (Bolazzi *et al.*, 2008; Jones *et al.*, 1994).

Dessa forma a modelagem realizada, ressaltou a importância desta categoria de análise ambiental para as três espécies de formigas, pois são categorias de análises que

suportam um maior aporte de dados e diferentes abordagens estatísticas, nesse arranjo contribuíram para elucidar fatores de difícil mensuração que influenciam uma possível distribuição (Stockwell *et al.*, 1992 ; Oliveira *et al.*, 2016).

A maior faixa de adequabilidade ambiental apresentou uma extrapolação espacial para todas as espécies, dentre as projeções indicadas se situam nas regiões do litoral do Pacífico, localizadas no norte do Chile e sul do Peru, porem baseados em premissas biológicas essa modelagem corresponderia a menor adequabilidade tendo em vista a dispersão e a história evolutiva destas espécies (Cardoso *et al.*, 2014).

Portanto a modelagem descrita, corrobora a necessidade da incorporação de um maior número de variáveis ambientais que participam de interações bióticas e abióticas entre estas formigas e seu habitat, para uma melhor compreensão das reais condições que compõe o nicho destas espécies. Assim, através da incorporação de diferentes categorias de variáveis ambientais, a modelagem de distribuição potencial, apresentaria maior coerência as reais probabilidades biológicas de ocorrência destas espécies, para que, a partir dessa abordagem possamos inferir e predizer com maior acurácia em quais faixas a adequabilidade ambiental indicaria potenciais regiões de distribuição potencial (Araújo, 2004; Páglia *et al.*, 2012).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M. B.; DENSHAM P. J.; WILLIAMS, P. H. 2004b. Representing species in reserves from patterns of assemblage diversity. _ *Journal. Biogeographic.* 31: 1037-1050.
- BOLLAZZI, M., J. KRONENBITTER.; F. ROCES. 2008. Soil temperature, digging behaviour, and the adaptive value of nest depth in South American species of *Acromyrmex* leaf-cutting ants. *Oecologia* 158: 165-175.
- CARDOSO, D.C.; CRISTIANO, M. P. 2010. Myrmecofauna of the southern Catarinense Restinga Sandy Coastal Plain: New records of species occurrence for the state of Santa Catarina and Brazil. *Sociobiology*, 55: 229-239.
- CARDOSO, D.C.; SOBRINHO, T.G.; SHOEREDER, J.H. 2010. Ant community composition and its relationship with phytophysionomies in a Brazilian Restinga. *Insectes Sociaux.* 57:293-301.
- CARDOSO, D.C.; CRISTIANO, M.P.; TAVARES, M.G. 2011. Methodological remarks on rearing basal Attini ants in the laboratory for biological and evolutionary studies: overview of the genus *Mycetophylax*. *Insectes Sociaux.* 58: 427-430.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M. P.; TAVARES, M. G.; SCHOEREDER, J. H. 2012. Co-occurrence of putatively allopatric species of the genus *Mycetophylax*: first record of *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888) (Hymenoptera: Formicidae) from Rio de Janeiro State, Brazil. *Myrmecological News.* 16:57-59.
- CARDOSO, D.C; SCHOEREDER, J. H. 2014. Biotic and Abiotic Factors Shaping Ant (Hymenoptera: Formicidae) Assemblages in Brazilian Coastal Sand Dunes: The Case of Restinga in Santa Catarina. *The Florida Entomologist.* 97: 1443-1450.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M.P.; HEINZE, J.; TAVARES, M.G. 2014. A nuclear DNA based phylogeny of endemic sand dune ants of the genus *Mycetophylax* (Emery, 1913): How morphology is reflected in molecular data. *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 70: 378-382.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M.P.; TAVARES, M.G.; SCHUBART, C.D.; HEINZE, J. 2015. Phylogeography of the sand dune ant *Mycetophylax simplex* along the Brazilian Atlantic Forest coast: remarkably low mtDNA diversity and shallow population structure. *BMC Evolutionary Biology.* 15: 106.
- CARDOSO, D. C.; CRISTIANO, M. P.; DA COSTA-MILANEZ, C. B.; HEINZE, J. 2016. Agro-predation by *Megalomyrmex* ants on *Mycetophylax* fungus-growing ants. *Insectes Sociaux* (Printed ed.). 63: 483-486.
- DALAPICOLLA, J. 2016. Tutorial de modelos de distribuição de espécie: guia teórico. Laboratório de Mastozoologia e Biogeografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. (<http://blog.ufes.br/lamab/tutoriais>). Acesso em 15 de Maio de 2018
- DEMARCO, P.J; SIQUEIRA, M. 2009. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? *Megadiversidade.* 5:1-2.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Atlas nacional do Brasil. Milton Santos. Rio de Janeiro. 307 p.
- ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Portaria no 445, de 17 de Dezembro de 2014. Lista de espécies ameaçadas, em perigo e vulneráveis. Endereço online: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/legislacao/portaria/427-2014.html>. Acessado em 2017.
- JONES, C. G; J. H. LAWTON; M. SHACHAK. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373–386.
- KEMPF, W. W. 1972. Catálogo abreviado das formigas da região Neotropical. *Studia Entomologica* 15:3-344.
- KLINGENBERG, C.; BRANDÃO, C.R.F. & ENGELS, W. 2007. Primitive nest architecture and small monogyneous colonies in basal Attini inhabiting sandy beaches of Southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 42 121–126.
- KLINGENBERG, C; BRANDÃO, C.R.F. 2009. Revision of the fungus-growing ant genera *Mycetophylax* Emery and *Paramycetophylax* Kusnezov rev. stat., and description of *Kalathomyrmex* n. gen. (Formicidae: Myrmicinae:Attini). *Zootaxa*. 2009; 2052: 131.
- LEMES, P.L.; FALEIRO, F.A.M.V.; TESSAROLO, G.; LOYOLA, R.D. 2011 Refinando dados espaciais para a conservação da biodiversidade. *Natureza e Conservação*. 9:2 p. 240-243.
- OLIVEIRA, U.; PAGLIA, A.P.; BRESCOVIT, A. D. ; DE CARVALHO, C. J. B.; SILVA, D.P.; REZENDE, D.T. ; LEITE, F. S. F.; BATISTA, J. A.N; BARBOSA, J. P. P. P.; STEHMANN, J.R.; ASCHER, J.S. ; DE VASCONCELOS, M. F ; DE MARCO, P.; LÖWENBERG-NETO, P.; DIAS, P. G.; FERRO, V. G.; SANTOS, A. J. 2016. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distributions*sv. 01, p. 1-13.
- PAGLIA, A.P.; REZENDE, D. T.; KOCH, I.; KORTZ, A. R.; DONATTI, C.A. 2012. Modelos de Distribuição de Espécies em Estratégias para a Conservação da Biodiversidade e para Adaptação Baseada em Ecossistemas Frente a Mudanças Climáticas. *Natureza & Conservação*, v. 10, p. 231-234.
- PETERSON, A.T; SOBERON J.; PEARSON, R.G; ANDERSON, R.P; MARTINEZ-MEYER; NAKAMURA, M.; ARAUJO, M.B. 2011. Ecological niches and geographic distributions. Princeton: *Princeton University Press*. p. 314
- PHILLIPS, S. J. 2008. Transferability, sample selection bias, and background data in presence-only modelling: A response to Peterson et al. *Ecography* 31: 272–278.
- PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231–259.
- PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent:New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31:161–175.

- PHILLIPS, S. J.; DUDÍK, M.; ELITH, J.; GRAHAM, C. H.; GRAHAM, A.; LEHMANN., LEATHWICK J.; FERRIER, S. 2009. Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications* 19:181–197.
- R Development Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing. 2.14.1 ed. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- SCARANO, F. R.; DUARTE, H. M.; RIBEIRO, K. T.; RODRIGUES, P. J. F. P.; BARCELLOS, E. M. B. ; FRANCO, A. C. ; BRULFERT, J. ; DELEENS, E. ; LÜTTGE, U. 2001. Four sites with contrasting environmental stress in southeastern Brazil: relations of species, life form diversity, and geographical distribution to ecophysiological parameters. *Botanical Journal of the Linnean Society*.136: p. 345-364
- SOBERÓN, J.; PETERSON, A.T. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity informatics*, 2: 1-10.
- SOSA-CALVO, J.; JESOVNIK, A.; VASCONCELOS, H.L.; BACCI, J.; R, MAURICIO; SCHULTZ, T. 2017. Rediscovery of the enigmatic fungus-farming ant *Mycetosoritis asper* Mayr (Hymenoptera: Formicidae): Implications for taxonomy, phylogeny, and the evolution of agriculture in ants. *PLoS One*. 12: 5.
- STOCKWELL, D.R.B.; NOBLE, I.R.1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of data analysis. *Math Comput Simulat* 33: 385-390.

Capítulo II

Efeito do gradiente granulométrico do solo sobre a distribuição de espécies de *Mycetophylax* (Myrmicinae- Attini) endêmicas de restinga.

Borges-Silva. Ana Beatriz ¹; Cardoso² D.C.

¹ Departamento de Biologia Geral Programa de Pós-graduação em Ecologia, UFV. Av. P. H. Rolfs s/n. Edifício Chotaro Shimoya. Viçosa, Minas Gerais, Brazil, 36570-900. anab.cbilogicas@gmail.com

² Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente – DEBIO. Campus Universitario Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. 35400-000. danoncles@gmail.com

Autor para Correspondência: Danon Cledes Cardoso, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente – DEBIO. Campus Universitário Morro do Cruzeiro, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil. 35400-000. danoncles@gmail.com.

Redigido em formato de artigo

RESUMO - As formigas representam um dos grupos de maior sucesso ecológico, habitam diversas regiões do planeta desde florestas tropicais, desertos a regiões costeiras. O gênero *Mycetophylax* possui três espécies endêmicas de restinga, *Mycetophylax conformis* (Mayr, 1884); *Mycetophylax morschi* (Emery, 1888); *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888). As espécies endêmicas constroem seus ninhos em solos arenosos e possuem distribuição desde a latitude 2°N a 40°S. Os registros de ocorrência das espécies se diferem ao longo da costa brasileira. A espécie *M. conformis* se distribui nas restingas do litoral Sudeste e Nordeste; *M. simplex* nas restingas do litoral Sul e Sudeste e *M. morschi* por todo o litoral brasileiro. As restingas são ecossistemas fluvio-marinhos originadas no Quaternário superior, o solo é caracterizado como espodossolos, e compõe um dos complexos fitofisionômicos do Domínio Mata Atlântica. As espécies possuem diferenças nas zonas de nidificação entre as faixas de restinga, algumas nidificam abaixo de vegetação e outras como *M. simplex* em áreas abertas em zonas de preamar. A escolha do local de nidificação possui relevada importância para as necessidades microclimáticas da colônia bem como o cultivo do fungo simbiote. Com o intuito de averiguar o padrão de distribuição destas espécies em relação às propriedades granulométricas dos solos das restingas, nós analisamos a granulometria de areias oriundas de 26, sob oito categorias de grãos de areia de praias em que estas espécies possuem ocorrência. A análise de covariância (ANCOVA), foi utilizada para relacionarmos a presença e ausência das espécies em função da categoria de areia dominante da praia. Os valores foram significativos para todas as espécies. Estas responderam a seis categorias de grãos. O padrão da distribuição geográfica destas espécies demonstrou relação entre as categorias de grãos encontrados nos locais ocorrência destas. *M. conformis* se distribui em categorias de grãos maiores, sendo denominadas de grânulos, areias muito grossas e areias grossas, *M. morschi* apresentou distribuição em todos os tipos granulométricos, mas possui maior probabilidade de ocorrência entre areias finas e areias muito finas, a distribuição de *M. simplex* está relacionada a grãos menores, mais finos, sendo nula sua ocorrência em areias grossas. As preferências granulométricas indicou o solo como um filtro ambiental de menor escala, que pode elucidar questões sobre dispersão, preferências de habitats e barreiras ambientais que possam influenciar a distribuição das espécies.

Palavras-chave: Solos, formigas, granulometria, restingas.

1.INTRODUÇÃO

Os padrões de distribuição de espécies são permeados por interações bióticas, abióticas e fatores evolutivos que, em conjunto, conferem os diversos ecossistemas da terra (Del Claro, 2012). As formigas (Hymenoptera: Formicidae) compreendem um grupo composto por 16.000 espécies distribuídas entre nove subfamílias. Estas ocupam diversos nichos e ecossistemas de todos os continentes. As formigas estão entre os principais taxa de insetos e representam um grupo funcional expressivo em interações ecológicas, participando na dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes do solo, decomposição na relação antagônica de herbívora (Oliveira *et al.*, 2012; Leal *et al.*, 2012).

Na subfamília Myrmicinae, a tribo Attini possui 45 gêneros válidos, dos quais 14 são de formigas cultivadoras de fungo (Mehdiabadi *et al.*, 2010; Bolton, 2018). Este grupo ocorre em diversos habitats, desde paisagens florestais, monoculturas, zonas áridas e dunas costeiras. O cultivo do fungo simbiote é uma relação de mutualismo obrigatório e a maioria dos gêneros de cultivadoras de fungo estabeleceu esse mutualismo com espécies fúngicas da Tribo Leucocoprineae.

Dentre os diversos gêneros de formigas cultivadoras de fungo, o gênero *Mycetophylax* (Emery, 1888) possui três espécies endêmicas de restinga, habitat característico de dunas costeiras do Brasil. As três espécies que ocorrem exclusivamente em dunas de areia são: *Mycetophylax conformis* (Mayr, 1884); *Mycetophylax morschi* (Emery, 1888) e *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888). Estas são registradas ao longo de faixas de dunas costeiras desde o extremo Sul brasileiro, no Chuí estado do Rio Grande do Sul, a Porto Rico, no Caribe (Klingenberg *et al.*, 2007; Cardoso *et al.*, 2014). Estas espécies compreendem um clado de formigas cultivadoras de fungo em posição filogenética basal e possuem características diferentes, quando comparadas aos clados intermediários e mais derivados. Estas diferenças são observadas pelo menor número de indivíduos nas colônias, tipo de forrageamento e organização social.

Apesar de dunas costeiras serem o habitat característico das três espécies, as praias onde estes ocorrem apresentam diferenças estruturais marcantes. O Brasil possui um litoral com aproximadamente 8.000 km de extensão e diferenças físicas podem ser encontradas por toda costa (Tessler *et al.*, 2005). Silveira, (1964) propôs uma categorização do litoral em cinco grandes compartimentos: Litoral Amazônico, Litoral Nordeste de Barreiras, Litoral Oriental, Litoral Sudeste ou de Escarpas Cristalinas e

Litoral Meridional ou Subtropical. Estas zonas correspondem a características peculiares de cada região e estão associadas principalmente à topografia, regime de marés, correntes marítimas e formação rochosa (Tessler *et al.*, 2005).

As regiões de restingas no Brasil, fazem parte de um complexo vegetacional e geomorfológico pertencente à Mata Atlântica. As restingas são ecossistemas fluvio-marinhos que foram fortemente influenciados pelo quaternário superior, após regressões e transgressões marítimas à cerca de 2 milhões de anos atrás (Gomes *et al.*, 1998; Scarano *et al.*, 2001; Suguio, 2010). Tais ecossistemas são formados por cordões arenosos e possuem características peculiares quanto à vegetação, que é do tipo xeromórfica e em sua maioria formada por gramíneas e arbustos que estão distribuídas nas faixas antedunas, planícies litorâneas, cordões arenosos, depressões pós-dunas e margens de lagoas (Suguio *et al.*, 1985; Madureira, *et al.*, 2013). A vegetação obtém a maioria dos nutrientes através da maresia, uma vez que o solo de restinga é oligotrófico, com alto teor salino, e sua formação principal é de areias quartzosas, caracterizado como espodossolos (Cardoso *et al.*, 2009; Madureira *et al.*, 2013). A topografia de dunas costeiras também é constantemente remodelada por intensa atividade eólica presente no litoral, muitas vezes denominados de solo eólico (Maun, 2009; Madureira *et al.*, 2013; Gomes *et al.*, 1998).

A granulometria avalia a comparação de grãos de solo através da decomposição do solo em partículas por ordem de tamanho. Os particulados são agrupados de acordo com os tamanhos e suas porcentagens de ocorrência dentro da amostra de solo, sendo classificados como: cascalho, areia, silte e argila, sendo que a areia ainda pode ser subdividida e qualificada como grânulo, grossa, média e fina (Neves *et al.*, 2009; Embrapa, 2006). O tipo de grão de um solo é um dos fatores físicos condicionantes na criação de micro-habitats e características específicas interferem na composição de sua fauna associada (Lavelle, 2006).

O solo tem importantes consequências na seleção de ocorrências de espécies funcionando como importante filtro ambiental em escalas menores. Formigas menores por exemplo são favorecidas em habitats com alto nível de rugosidade por possuírem menor tamanho corporal (Kaspari & Weiser, 1999; Kaspari, 2007).

Além da inconspicuidade e diferenças geográficas de distribuição de suas populações ao longo da costa do Atlântico, *M. conformis*, *M. morschi* e *M. simplex* se diferenciam no tamanho corpóreo. A partir da análise de 14 medidas de estruturas

morfológicas realizadas por Klingenberg *et al.*, (2009), para fins taxonômicos, entre as três castas (operária, macho, gines), nota-se que operárias de *Mycetophylax simplex* são maiores dentre as duas espécies de *M. conformis* e *M. morschi*. Seu tamanho total é de 4,05 mm enquanto que *M. conformis* é de 3,41 mm e *M. morschi* de 3,03 mm (Klingenberg *et al.*, 2009). Esta diferença se manifesta com diferentes proporções entre as três castas. As diferenças no padrão de distribuição das espécies endêmicas de *Mycetophylax*, assim como o tamanho entre elas, podem ser fatores que explicam a distribuição de suas espécies ao longo de um gradiente, como foi observado por Costa-Milanez *et al.*, (2017) na associação do habitat com tamanhos corpóreos. Variações na granulometria de solos e outros atributos edáficos podem elucidar fontes de adaptação e distribuição de espécies bem como quais fatores microclimáticos que diferentes granulometrias de solo podem propiciar no estabelecimento dos ninhos, sendo assim um fator relevante na colonização das espécies a um determinado local (Bollazzi *et al.*, 2008).

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a relação de ocorrência das três espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga com a granulometria de areia predominante da praia ou da região em que estas possuem registro de ocorrência, a partir do pressuposto em que a distribuição geográfica das espécies endêmicas de restinga do gênero *Mycetophylax* é influenciada pelas categorias granulométricas dos solos arenosos, foram testadas duas hipóteses:

Hipótese 1: A espécie *Mycetophylax conformis* possui maior probabilidade de ocorrência em solos, caracterizados por grãos de areias maiores enquanto que a espécie *Mycetophylax simplex* tem maior probabilidade por solos que possuem grãos de areias menores;

Hipótese 2: A espécie *Mycetophylax morschi* não possui relação direta com a granulometria dos solos de restinga.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

Com o propósito de correlacionar a distribuição de espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga com a granulometria do solo e de praias onde as espécies se distribuem, foram coletadas 26 amostras de areias provenientes de praias das Regiões Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil. De acordo com a classificação de Silveira (1964) os setores litorâneos que correspondem as localidades de coleta são compreendidos no Litoral Oriental, Litoral Sudeste ou de Escarpas Cristalinas e Litoral Meridional ou Subtropical (Tabela 01).

2.2 Amostragem

As coletas de solo foram realizadas entre setembro de 2016 e maio de 2018. As amostras de areia foram coletadas nos locais de nidificação das espécies em áreas de dunas das restingas. Foram coletados em média 750 gramas de areia, com um total 20.437 kg de amostra de areia foram coletadas. As areias coletadas foram acondicionadas em potes plásticos e identificadas. Após a coleta, as amostras foram levadas ao Laboratório de Genética Evolutiva e de Populações da Universidade Federal de Ouro Preto e secas em estufa em formas de alumínio, em torno de 40° a 60° C, durante 120 horas.

2.3 Granulometria

Utilizou-se peneiras granulométricas com diferentes aberturas de malhas. Foram utilizadas oito malhas de peneiras, que correspondem ao tipo do grão retido na categoria da malha: Grânulo (#10); Areia muito grossa (#18); Areia grossa (#35), Areia média (#60); Areia fina (#120); Areia muito fina (#230), Silte Grosso (#400), Fundo (Silte). O fundo consiste em um recipiente de inox no formato da peneira, onde as partículas mais finas ficam retidas (Tabela 02); (Figura 01).

Tabela 01. Estados e praias das localidade de coleta e suas respectivas coordenadas.

Referências Geográficas				
Estado	Município	Praias	Coordenadas	
			W	S
RJ	Rio das Ostras	Praia da Joana .1	41°55'	22°32'
RJ	Rio das Ostras	Praia da Joana. 2	41°55'	22°32'
RJ	Cabo Frio	Praia das Dunas.1	42°1'	22°53'
RJ	Cabo Frio	Praia das Dunas.2	42°2'	22°54'
RJ	Cabo Frio	Praia do Perú	41°59'	22°50'
RJ	Arraial do Cabo	Praia Grande	42°2'	22°57'
SC	Jaguaruna	Praia do Cardoso	48°49'	28°36'
SC	Araranguá	Praia do Paiquerê	49°21'	28°56'
SC	Jaguaruna	Praia do Camacho	48°52'	28°37'
RS	São José do Norte	Praia do Mar Grosso.1	51°59'	32°03'
RS	São José do Norte	Praia do Mar Grosso.2	51°56'	32°00'
SC	Mostardas	Balneário Mostardense.1	50°49'	31°06'
SC	Mostardas	Balneário Mostardense .2	50°47'	31°08'
RS	Torres	Praia Grande.Torres	48°26'	27°37'
SC	Florianópolis	Praia da Joaquina	48°26'	27°37'
BA	Caraíva	Praia de Juacema	39°08'	16°45'
BA	Caraíva	Praia de Satu	39°08'	16°45'
BA	Caraíva	Praia de Caraíva	39°08'	16°48'
ES	Vila Velha	Praia Ponta da Fruta	40°35'	20°50'
ES	Vila Velha	Praia de Itaparica	40°18'	20°22'
ES	Guarapari	Praia de Santa Mônica	40°27'	20°37'
ES	Vila Velha	Praia da Costa	40°16'	20°20'
ES	Guarapari	Praia do Morro	40°28'	20°39'
SP	Ilha Comprida	Praia da Juréia	47°23'	24°39'
SP	Ilha Comprida	Praia de Iguape- Dunas de Araçá	47°27'	24°42'
SP	Ilha Comprida	Praia de Cananéia	47°53'	25°01'

Tabela 02. Medidas referente às oito malhas granulométricas analisadas e unidades de medidas associados a padrões nacionais e internacionais de granulometria.

Modelos		Unidade de Medida	
ASTM/ABNT	TYLER MESH	Abertura em Milimetro	Abertura em Polegadas
10	10	2	0.0787
18	18	1	0.0394
35	35	0.5	0.0197
60	60	0.25	0.0092
120	120	0.125	0.0059
230	230	0.062	0.0024
400	400	0.037	0.0015

Legenda: ASTM: American Society for Testing and Materials; ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas; TYLER: série de fios que compõe a tela da malha; MESH: quantidade de abertura na malha distribuídas em polegadas lineares.

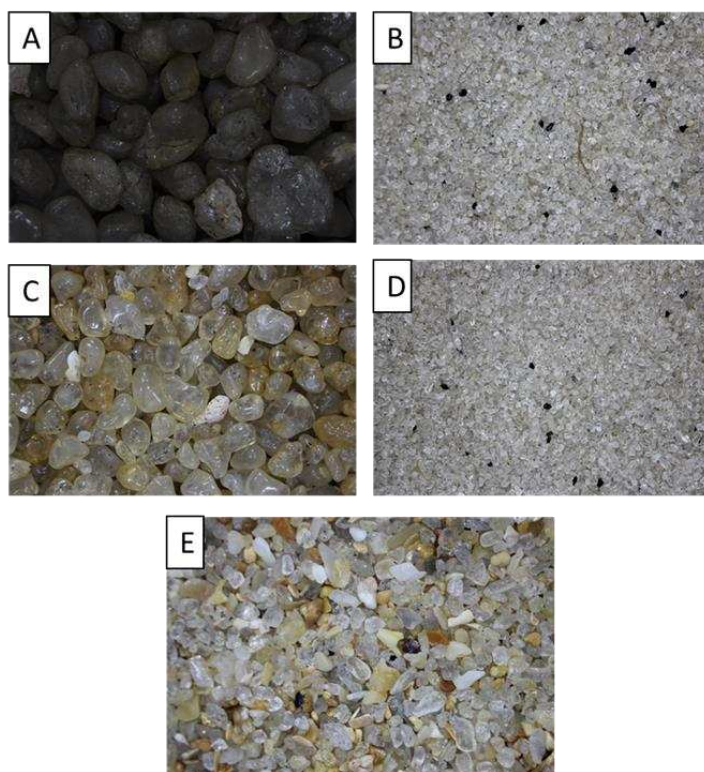


Figura 01 Fotografias feita sob lupa *Leica*, no aumento de 4x. A- Grânulo #10- Praia da Joana1 (RJ); B- Areia média #60- Praia Grande (RJ); C- Areia muito grossa #18-Praia do Joana 2 (RJ); D- Areia fina Praia da Dunas #120; E- Areia grossa #35 Praia do Però (RJ).

Após a devida secagem, as amostras foram submetidas a análise granulométrica no Laboratório de Minérios do Departamento de Engenharia de Minas, da Universidade Federal de Ouro Preto, MG (UFOP).

A análise granulométrica se iniciou pela pesagem da amostra em balança de alta precisão para o registro da massa seca, em seguida as amostras foram transferidas para o agitador granulométrico, alinhando-se as peneiras verticalmente em sentido decrescente referente numeração da malha (#10, #18, #35, #60, #120, #230, #400 e Fundo). Após o acoplamento das peneiras e inclusão da amostra de areia, o agitador foi programado por 30 minutos para realizar a separação granulométrica em um padrão vibratório sistematizado.

As porções de areias retidas em cada malha foram extraídas e os valores referentes às massas de cada categoria granulométrica foram transformadas em porcentagens equivalentes ao peso seco total da amostra. Após o processo, os particulados foram acondicionados em sacos plásticos (15x30) cm e devidamente identificadas contendo informações sobre a praia de origem, o Estado de origem, a abertura da malha, o valor das gramas referente e a massa final. As amostras totais de cada praia foram depositadas no Laboratório de Genética Evolutiva e de Populações da Universidade Federal de Ouro Preto.

2.3 Análises Estatísticas

As variáveis testadas foram presença e ausência das espécies *Mycetophylax conformis*, *Mycetophylax morschi*, *Mycetophylax simplex*, sendo a condição presença ou ausência como variável dependente. A variável independente foi a distribuição das categorias granulométricas dos grãos. A partir dessa definição, relacionamos as porcentagens predominantes dos grãos de acordo com a sua categoria granulométrica na amostra, integrando a presença ou ausência da espécie em determinada localidade. Para o tratamento do dados estatísticos, nós utilizamos análise de covariância ANCOVA, para inferir a distribuição das espécies em diferentes categorias de areias. As análises foram realizadas através do programa R (Development Core, Team 2014).

3. RESULTADOS

A análise granulométrica do solo, apresentou diferentes porcentagens em relação às proporções de suas categorias. Na Tabela 03, estão representados os resultados granulométricos, bem como os tamanhos de grãos predominantes dentre as praias analisadas. Percebemos uma heterogeneidade granulométrica entre as praias do Nordeste e Sudeste e maior homogeneidade de grãos de categorias de areia fina e muito fina para região Sul.

Dentre as 26 amostras de solo analisadas, a granulometria predominante destas representam areias compostas de grãos médios e finos, cujo tamanho granulométrico corresponde a 0.25mm a 0.125 mm.

As espécies *M. morschi* e *M. simplex*, são mais frequentes em areias que possuem tais características de grãos médios e finos e muito finos. A espécie *M. conformis* está distribuída em solos que predominam grãos maiores, como grânulo 2 mm; areia muito grossa 1mm; areia grossa 0.5 mm.

3.1 Granulometria

As granulometrias em destaque são representadas pelos três maiores valores de porcentagem para cada tamanho de grão (Tabela 03). Foi observado que algumas praias possuem maior heterogeneidade granulométrica entre as amostras, como as praias de Rio das Ostras e Cabo Frio (RJ), Caraíva (BA) e Vila Velha (ES). A praia de São José do Norte (RS), foi a mais homogênea, onde 99.26% da amostra equivale a grãos finos à segunda mais homogênea foi Arraial do Cabo (RS) com 81.60% de dominância de areia média.

As praias apresentaram um padrão granulométrico dominante de grãos médios e grãos finos, estes correspondem respectivamente às classes granulométricas de tamanho 0.25mm a 0.125 mm. A média de porcentagens na granulometria da de grãos finos foi de 58% entre todas as 26 amostras analisadas. Nas praias de ocorrência de *M. conformis*, a Praia de Satu – Caraíva, no estado da Bahia, a categoria granulométrica que apresentou predominância foi o grânulo correspondendo a maior porcentagem de grãos desse tamanho, com 11,36% entre as amostras (Tabela 03).

A Praia da Joana.2, em Rio das Ostras no Rio de Janeiro apresentou a categoria de areia muito grossa como granulometria dominante essa correspondente a 53,05% da amostra. Na categoria de grãos de areia grossa observamos a predominância de 65.63% em amostras de solos praia da Joana.1, na praia de Itaparica em Vila Velha com 60.61% e em Cabo frio na praia do Perú com 40.56% de areia grossa.

A análise granulométrica total, representou uma dominância de areias finas para a maioria das praias, mas com pontos de extremos entre grânulos e grãos muito finos em algumas amostras, como em praias do Nordeste e do Sul por exemplo. As praias do Sul demonstraram maior porcentagens de areias finas a muito finas, do Sudeste com areias médias e finas e no Nordeste com areia grossas, médias e finas (Figura 02).

Tabela 03. Análise granulométrica das praias avaliadas pela Presença/Ausência de espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restingas.

Referências Geográficas			Análise Granulométrica								Presença e Ausência 1/0		
Estado	Município	Praias	#10	#18	#35	#60	#120	#230	#400	Fundo	<i>M. conformis</i>	<i>M. morschi</i>	<i>M. simplex</i>
			Grânulo (%)	Areia Muito Grossa(%)	Areia Grossa(%)	Areia Média(%)	Areia Fina(%)	Areia Muito Fina(%)	Silte Grosso(%)	Silte Argila(%)	3.41 mm	3.03 mm	4.05 mm
RJ	Rio das Ostras	Praia da Joana .1	2.85	19.84	65.63	8.47	3	0.12	0.06	0.02	1	1	0
RJ	Rio das Ostras	Praia da Joana. 2	7.84	53.05	36.87	0.84	1.31	0.07	0.02	0	1	1	0
RJ	Cabo Frio	Praia das Dunas.1	0.03	0.07	1.74	25.88	70.95	1.29	0.03	0	1	1	1
RJ	Cabo Frio	Praia das Dunas.2	0	0.02	9.32	44.41	45.95	0.19	0.1	0.02	1	1	1
RJ	Cabo Frio	Praia do Peró	0	0.48	40.56	19.37	39.33	0.23	0.03	0	1	1	0
RJ	Arraial do Cabo	Praia Grande	0.03	0.12	0.19	81.6	17.65	0.38	0.03	0	1	1	0
SC	Jaguaruna	Praia do Cardoso	0	0	0.07	3.64	94.58	1.61	0.09	0	0	1	1
SC	Araranguá	Praia do Paiquerê	0.01	0.01	0.01	4.24	93.81	1.92	0	0	0	1	1
SC	Jaguaruna	Praia do Camacho	0	0	0.02	7.58	91.99	0.42	0	0	0	1	1
RS	São José do Norte	Praia do Mar Grosso.1	0.01	0	0	0.03	99.26	0.65	0.04	0	0	1	1
RS	São José do Norte	Praia do Mar Grosso.2	0.01	0	0	0.16	94.86	4.93	0.01	0.01	0	1	1
SC	Mostardas	Balneário Mostardense.1	0.06	0.01	0.01	2.12	90.82	6.94	0.05	0	0	1	1
SC	Mostardas	Balneário Mostardense .2	0.01	0	0	1.19	88.31	10.39	0.08	0	0	1	1
RS	Torres	Praia Grande.Torres	0	0.01	0.01	0.98	97.11	1.88	0.02	0	0	1	1
SC	Florianópolis	Praia da Joaquina	0	0	0.01	12.78	86.74	0.47	0	0	0	1	1
BA	Caraíva	Praia de Juacema	0.24	6.47	34.08	46.98	11.59	0.64	0	0	1	0	0
BA	Caraíva	Praia de Satu	11.36	12.42	15.75	29.31	28.42	2.72	0.02	0	1	0	0
BA	Caraíva	Praia de Caraíva	0.03	0.59	19.64	72.98	6.72	0.04	0	0	1	0	0
ES	Vila Velha	Praia Ponta da Fruta	8.47	65.33	25.82	0.34	0.03	0	0	0	1	1	0
ES	Vila Velha	Praia de Itaparica	0.07	5.09	60.61	29.44	4.75	0.04	0	0	1	1	0
ES	Guarapari	Praia de Santa Mônica	0	0.01	2.17	50.18	46.69	0.95	0.01	0	1	1	0
ES	Vila Velha	Praia da Costa	0	0.01	2.88	56.9	39.96	0.25	0	0	1	1	0
ES	Guarapari	Praia do Morro	0	0	1.08	31.77	66.29	0.85	0.01	0	1	1	0
SP	Ilha Comprida	Praia da Juréia	0.02	0.02	0.03	0.08	94	5.63	0.22	0	0	1	1
SP	Ilha Comprida	Praia de Iguape- Dunas de Araçá	0.02	0	0.02	0.05	92.85	6.96	0.1	0	0	1	1
SP	Ilha Comprida	Praia de Cananéia	0.02	0.01	0.01	1.5	95.21	3.22	0.03	0	0	1	1

Legenda: Números em negrito correspondem aos três maiores valores de porcentagens predominantes dentre as categorias de grão.

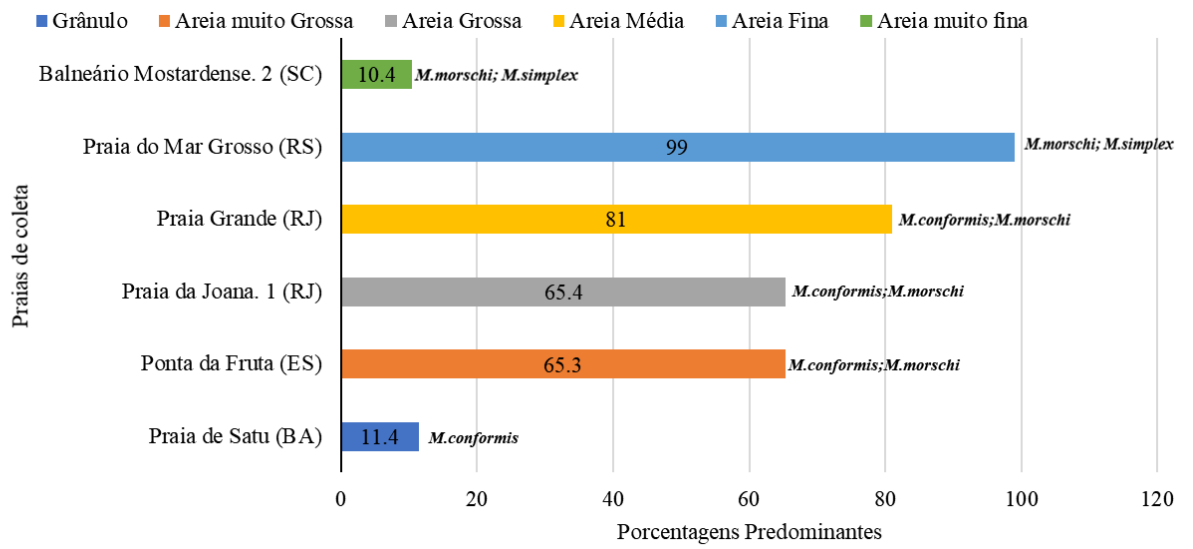


Figura 02. Categorias granulométricas predominantes aos tamanhos de grãos analisados em relação a presença das espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga.

3.2 Espécies

Através da análise de covariância ANCOVA, foi observado dentre as oito categorias granulométricas analisadas apenas seis responderam de forma significativa a correlação de presença/ausência das espécies na distribuição de diferentes granulometrias de areia. Esta respondeu de forma distinta os padrões de distribuição de cada espécie, determinando níveis de especificidades de ocorrência ao tamanho do grão de areia.

A distribuição da espécie *Mycetophylax conformis* está relacionada a solos que são compostos por grãos de maior tamanho, variando de 2 mm, 1mm, 0.5 mm esses são denominados de grânulos, areia muito grossa e areia grossa. Em solos que apresentam predominância de areia fina apresentando porcentagens maiores que 80% desta categoria, as probabilidades de ocorrência dessa espécie diminuem progressivamente, chegando a ser nula acima desse valor. Ao menor valor percentual de Areia muito fina encontrada em solos determina a não ocorrência desta espécie em solos com tais características granulométricas (Figura 03 gráficos: a), f)).

A distribuição de *M. morschi* possui características generalistas em comparação as demais espécies. Por possuir ampla distribuição ao longo da costa brasileira, a espécie apresenta ocorrência nos mais diversos tamanhos de grãos de areia. Mas podemos observar de acordo com os gráficos e) e f) na Figura 03, que tal espécie apresenta maior probabilidade de ocorrência em categorias de areia fina e areia muito fina, referente as medidas 0.125 mm e 0.162 mm respectivamente. Os gráficos apresentam valores mínimos de ocorrência, mas em nenhuma categoria de grão analisada corrobora a ausência da espécie.

A ocorrência da espécie *Mycetophylax simplex*, está relacionada a solos que apresentam granulometrias menores, que se caracterizam por areia fina (0.125 mm) e areia muito fina (0.162 mm) (Figura 02: gráficos e), f)). Em solos que apresentam granulometrias maiores, ou seja grânulos, areia muito grossa e areia grossa a ocorrência é nula. Podemos observar que há um decréscimo na probabilidade de ocorrência quando as porcentagens de grãos maiores aumentam mais que 10% na amostra (Figura 03: gráficos a), b), c)).

As espécies *M. conformis* e *M. simplex*, apresentam padrões de distribuição opostos, em extremos granulométricos. Podemos observar o encontro das curvas na Figura 03 nos gráficos: d), e), f) referente as porcentagens da categoria de areia média, areia fina e areia muito fina, estas categorias delimitam a ocorrência destas espécies a partir da prevalência encontrada

nos solos. Nos gráficos percebemos que solos que possuem alta porcentagem de areias finas e muito finas contribuem para ocorrência de *M. simplex* e solos com dominância de grânulos e areias grossas para ocorrência de *M. conformis* (Figura 03).

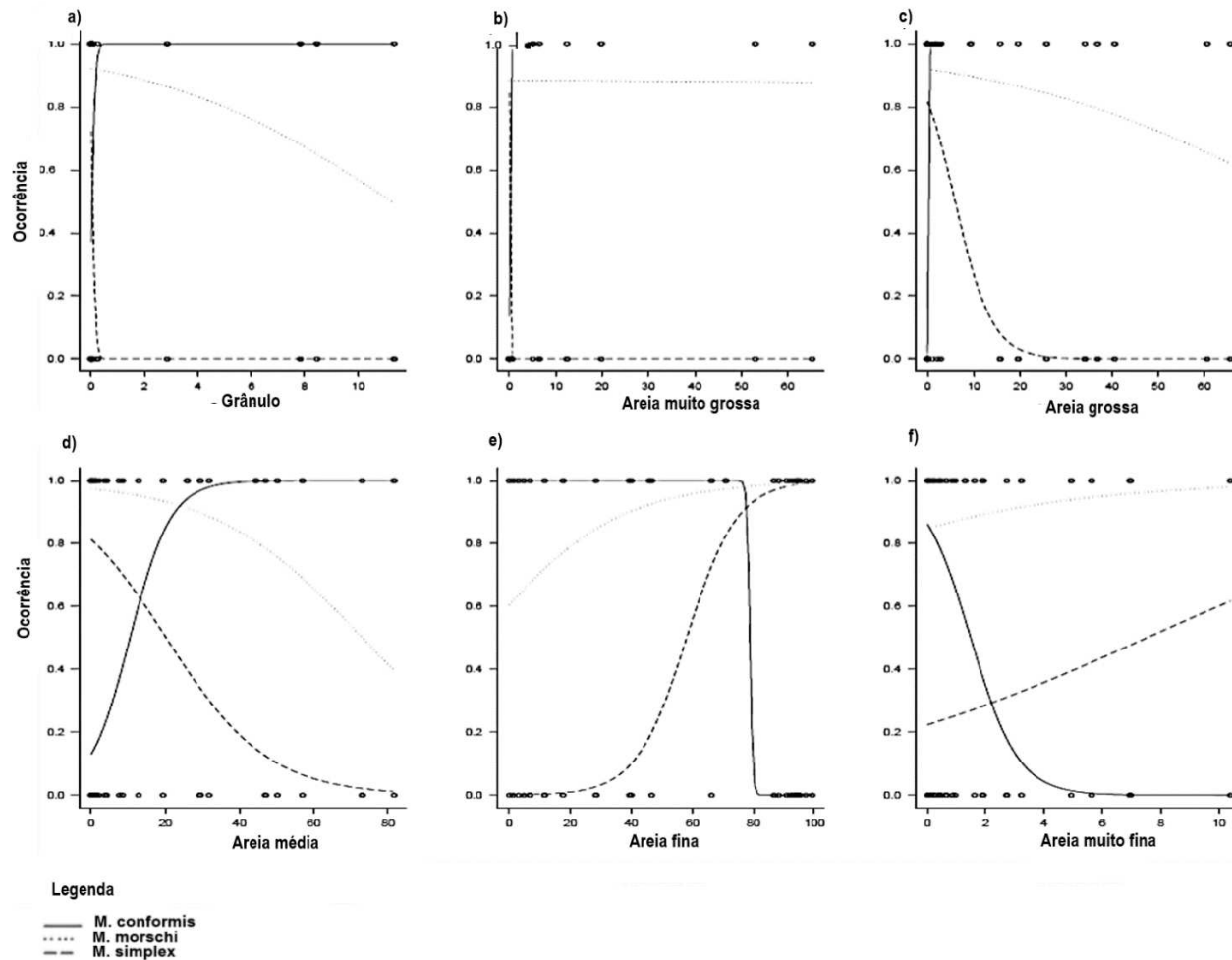


Figura 03. Análise de Covariância, ANCOVA. Porcentagens granulométricas das categorias de grãos de areia, em relação a distribuição das espécies endêmicas de restinga de *Mycetophylax*. Presença e ausência (eixo Y), porcentagem da categoria granulométrica (eixo X).

4.DISCUSSÃO

De acordo com as análises granulométricas do solo referente as 26 praias amostradas do litoral Sul (nove) Sudeste (14) e Nordeste (3) brasileiro, em que há registro do gênero *Mycetophylax*, observa-se certa heterogeneidade granulométrica dos grãos, ainda que, há predominância da categoria granulométrica seja de Areia média e Areia fina. Os grãos possuem um comprimento entre 0.250 mm e de 0.125 mm.

Kaspari & Weiser (1999), propõe a hipótese do tamanho do grão em uma realidade de um mundo fractal para insetos onde espécies menores enfrentam um ambiente mais rugoso, habitando assim os espaços intersticiais. Costa-Milanez *et al.*, (2014) e Costa-Milanez *et al.*, (2017), constataam através de estudos de biomonitoramento, que espécies menores de formigas (<5 mm de comprimento), habitam solos com características granulométricas mais finas.

A espécie *M. conformis* apresenta o tamanho mediano dentre as três espécies, o seu comprimento total é de 2.62-3.41 mm (Klingenberg *et al.*, 2009). As praias em que ocorrem registros de ocorrência *M. conformis* caracterizam por conter areias com granulometrias variadas, como observadas nas granulometrias de Espírito Santo e Caraíva – BA. A distribuição desta espécie se relaciona a areias grossas, observamos ser necessário poucas porcentagens desta categoria na amostra para que exista a probabilidade de ocorrência. As probabilidades de ocorrência diminuem em relação ao aumento das porcentagens de grãos finos, e muito finos. Esta relação demonstra que a espécie *M. conformis* teria menor probabilidade de ocorrência em praias que caracterizassem dominância de areias finas e areias muito finas.

As praias que possuem a predominância de grãos finos e muito finos estão localizadas na região Sul e Sudeste do litoral brasileiro, como por exemplo: Balneário Mostardense – Mostardas (RS); Praia do Mar Grosso, São José do Norte (RS); Praia Grande, Torres (RS) e Praia de Cananéia, Ilha Comprida (SP). Até o momento os registros de ocorrência desta espécie para o litoral brasileiro corroboram os dados da análise da granulometria das areias. As coletas realizadas por Cardoso *et al.*, (2014), apresentam a cidade de Caraguatatuba – SP como limite de ocorrência para região litorânea do Brasil. A partir deste ponto em sentido Sul brasileiro, não há registros de ocorrência de *M. conformis*, como são registrados para *M. morschi* e *M. simplex*. Ao correlacionarmos a presença e ausência desta espécie com a granulometria realizada

podemos inferir que *M. conformis* está relacionada com grãos de categoria granulométrica: grânulo, areia muito grossa, areia grossa, reia média.

A espécie *M. morschi* é a espécie de menor tamanho, apresentando cerca de 2.54-3.03 mm. Segundo a hipótese de Kaspari *et al.*, (1999) o tamanho pode conferir uma plasticidade maior em habitats mais complexos estruturalmente, pois sendo menores se estabeleceriam em regiões mais encobertas e escondidas na vegetação, o que poderia favorecer estratégias de fuga. As análises granulométricas apresentaram maior significância para areia fina e areia muito fina, embora os resultados demonstrem probabilidades de ocorrer em todas faixas granulométricas analisadas. Estes resultados corroboram a amplitude dos pontos de ocorrência desta espécie em todas as categorias de grãos. Isto é observado através dos registros de pontos de ocorrência, uma vez que ela possui a maior amplitude de distribuição no litoral brasileiro (Cardoso, *et al.*, 2012, Cardoso *et al.*, 2014, Cardoso *et al.*, 2016). Este fato também pode se relacionar ao fato de que categorias granulométricas apresentaram valores significativos são dominantes entre as amostras analisadas, ou seja, são categorias granulométricas de areias que formam um padrão granulométrico das amostras analisadas.

Um dos caracteres morfológicos que distingue a espécie *M. simplex* das demais é possuir o maior tamanho corpóreo (3.30 - 4.05 mm) (Klingenberg *et al.*, 2009). Aliando os registros de ocorrências desta espécie às análises granulométricas realizadas, observamos que *M. simplex* ocorre em praias que possuem como padrão dominante um limiar de granulometria de areias finas e muito finas. Estas características são reportadas a praias Cabo Frio e Ilha Comprida (Kutner, 1962; Muehe, 2010) e os pontos amostrados do Sul brasileiro (Horn *et al.*, 2006). A análise de covariância realizada indicou valores significativos para seis categorias granulométricas, estes resultados apontam que areias que possuem predominância de grãos referente a categorias de grânulo, areia muito grossa, areia grossa, possuem as menores probabilidades desta espécie ocorrer. Desta forma, o que foi observado é que esta espécie possui especificidade de ocorrência para as diferenças granulometrias entre os locais analisados.

De acordo com a distribuição atual de espécies de *M. simplex* podemos observar uma especificidade aos locais de registro de ocorrência. Apenas em uma praia do estado do Rio de Janeiro foi encontrada colônias de *M. simplex* (Praia da Dunas Cabo Frio RJ).

A análise granulométrica de suas areias apresenta um padrão de grãos que correspondem á areia média e areia fina.

Os resultados indicam que as categorias granulométricas do solo podem influenciar na distribuição das espécies, uma vez que foi encontrado valores significativos para diferentes tamanhos de grãos sendo estes corroborados pelos registros de ocorrência das espécies e da predominância da categoria granulométrica do grão em cada localidade. A granulometria apresentou como um seletivo filtro ambiental. Essa variável ambiental, pode criar diferentes condições abióticas que favoreçam a permanência destas espécies e interfiram na dispersão de populações destas pelo ambiente. Mas ainda é necessário um aumento do esforço amostral para avaliação das categorias granulométricas de praias onde não há registros, averiguando a influência do solo na dispersão e como possível barreira, além de estudos que integrem essa característica a outros fatores abióticos como temperatura e umidade na distribuição geográfica das espécies *Mycetophylax conformis*, *Mycetophylax morschi* e *Mycetophylax simplex* endêmicas de restinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLTON, B. 2018. An online catalog of the ants of the world. <http://antcat.org>. Acessado em maio e junho de 2018.
- CARDOSO, D.C.; CRISTIANO, M. P. 2010. Myrmecofauna of the southern Catarinense Restinga Sandy Coastal Plain: New records of species occurrence for the state of Santa Catarina and Brazil. *Sociobiology*, 55: 229-239.
- CARDOSO, D.C.; SOBRINHO, T.G.; SHOEREDER, J.H. 2010. Ant community composition and its relationship with phytophysiognomies in a Brazilian Restinga. *Insectes Sociaux*. 57:293-301.
- CARDOSO, D.C.; CRISTIANO, M.P.; TAVARES, M.G. 2011. Methodological remarks on rearing basal Attini ants in the laboratory for biological and evolutionary studies: overview of the genus *Mycetophylax*. *Insectes Sociaux*. 58: 427-430.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M. P.; TAVARES, M. G.; SHOEREDER, J. H. 2012. Co-occurrence of putatively allopatric species of the genus *Mycetophylax*: first record of *Mycetophylax simplex* (Emery, 1888) (Hymenoptera: Formicidae) from Rio de Janeiro State, Brazil. *Myrmecological News*. 16:57-59.
- CARDOSO, D.C; SHOEREDER, J. H. 2014. Biotic and Abiotic Factors Shaping Ant (Hymenoptera: Formicidae) Assemblages in Brazilian Coastal Sand Dunes: The Case of Restinga in Santa Catarina. *The Florida Entomologist*. 97: 1443-1450.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M.P.; HEINZE, J.; TAVARES, M.G. 2014. A nuclear DNA based phylogeny of endemic sand dune ants of the genus *Mycetophylax* (Emery, 1913): How morphology is reflected in molecular data. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 70: 378-382.
- CARDOSO, D.C; CRISTIANO, M.P.; TAVARES, M.G.; SCHUBART, C.D.; HEINZE, J. 2015. Phylogeography of the sand dune ant *Mycetophylax simplex* along the Brazilian Atlantic Forest coast: remarkably low mtDNA diversity and shallow population structure. *BMC Evolutionary Biology*. 15: 106.
- CARDOSO, D. C.; CRISTIANO, M. P.; DA COSTA-MILANEZ, C. B.; HEINZE, J. 2016. Agro-predation by *Megalomyrmex* ants on *Mycetophylax* fungus-growing ants. *Insectes Sociaux* (Printed ed.). 63: 483-486.
- COSTA-MILANEZ, C.B., LOURENCO-SILVA, G., CASTRO, P.T.A., *et al.*, 2014. Are antassemblages of Brazilian veredas characterized by location or habitat type? *Braz. J. Biol.* 74: 89–99.
- DEL-CLARO, KLEBER; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. 2012. Ecologia das Interações Plantas-Animais, uma abordagem ecológica evolutiva. 1. ed. Rio de Janeiro: *Technical Books*. v. 1. 336p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: *Embrapa Solos*, 2006.

GOMES, J.B.V.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B. & MENDONÇA, E.S. 1998. Solos de três áreas de restinga: morfologia, caracterização e classificação. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:1907-1919.

HORN FILHO *et al.*, 2006. Granulometria das praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, SC. *Gravel* 4:1–21.

JONES, C. G; J. H. LAWTON; M. SHACHAK. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69:373–386.

KASPARI, M., WEISER, M., 2007. The size–grain hypothesis: do macroarthropods see a fractal world? *Ecological Entomology*. 32: 279–282.

KASPARI M, WEISER MD .1999 The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants. *Functional Ecology* 13:530–538.

KLINGENBERG, C. & BRANDÃO, C.R.F. 2005. The type specimens of Attini (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) deposited in the Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, SP, Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia*. 45:41–50.

KLINGENBERG, C., BRANDÃO, C.R.F. & ENGELS, W. 2007. Primitive nest architecture and small monogyneous colonies in basal Attini inhabiting sandy beaches of Southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. 42 121–126.

KLINGENBERG 2009 Klingenberg C, Brandão CRF. Revision of the fungus-growing ant genera *Mycetophylax* Emery and *Paramycetophylax* Kusnezov rev. stat., and description of *Kalathomyrmex* n. gen. (Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Zootaxa*. 2009; 2052: 1±31.

KUTNER, A. S. 1962. Granulometria dos sedimentos de fundo da região de Cananéia, SP. *Boletim Sociedade Brasileira Geologia*, 1: 41-54.

LEAL, I. R.; WIRTH, RAINER ; TABARELLI, M. . Formigas cortadeiras e a ambigüidade de suas relações com plantas. 2012 In: Kleber Del-Claro; Helena Maura Torezan-Silingardi. (Org.). *Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva*. 1ed. Uberlândia. *Technical Books Editora*, v. 1, p. 215-239.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T; AUBERT, M., ET AL., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42:1-13.

MADUREIRA, M.S; SHOEREDER, J.H; TEIXEIRA, M.C; SOBRINHO, T.G. 2013. Why does *Atta robusta* (Formicidae) not change soil features around their nests as other leaf-cutting ants do?. *Soil Biology & Biochemistry* 57:916-918

MEHDIABADI NJ, SCHULTZ TR. 2010. Natural history and phylogeny of the fungus-farming ants (Hymenoptera: Formicidae: Myrmicinae: Attini). *Myrmecological News*. 13: 37±55.

MAUN, M.A. 2009. The Biology of Coastal Sand Dunes. *Oxford University Press*, New York.

MUEHE, D.; BELLIGOTTI, F. M; Lins-de-Barros, F.M.; OLIVEIRA, J. F.e ; MAIA, F.P.G. . Potential vulnerability to climate change of the beach-dune system of the

Peró coastal plain, Rio de Janeiro, Brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2010. v. 5, p. 267-276.

NEVES, CÉLIA MARIA MARTINS; FARIA, OBEDE BORGES; ROTONDARO, RODOLFO; CEVALLOS, PATRICIO S.; HOFFMANN, MÁRCIO VIEIRA. 2009. Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA. Disponível em <http://www.redproterra.org>. Acessado em 28/05/2018.

OLIVEIRA, P. S.; SENDOYA S.F.; DEL-CLARO, K. 2012. Defesas bióticas contra herbívoros em plantas do Cerrado: Interações entre formigas, nectários extraflorais e insetos trofobiontes. In: Kleber Del-Claro; Helena Maura Torezan-Silingardi. (Org.). *Ecologia das Interações Plantas-Animais: Uma Abordagem Ecológico-Evolutiva*. Rio de Janeiro: *Technical Books*, v. 1, p. 157-165.

SILVEIRA, J. D. 1964. Morfologia do litoral. In: Azevedo, A. (ed.), *Brasil: a terra e o homem*. Vol. 1. São Paulo. *Cia. Editora Nacional*. p. 253-305.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMIN-GUES, J.M.L.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, 15 (4): 273-286.

SUGUIO, K. 2010. *Geologia sedimentar do Quaternário e mudanças ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos.

TESSLER, M. G. & GOYA, S. C. 2005. Processos costeiros condicionantes do litoral brasileiro. *Revista do Departamento de Geografia, USP*. 17:11-23

CONCLUSÃO GERAL

A partir dos estudos realizados verificou-se influências da granulometria de grãos de areia na distribuição das espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga, bem como a modelagem de distribuição potencial demonstrou importante ferramenta para estudo de distribuição e de nicho ecológico. Os aspectos estudados apresentaram-se como filtros ambientais em diferentes escalas espaciais que enfatizaram algumas questões sobre o nicho e especificidade de habitat e distribuição de espécies de *Mycetophylax* endêmicas de restinga.

Entretanto a modelagem ambiental realizada, foi baseada apenas em variáveis climáticas resultando em modelos que expandiram arbitrariamente as regiões de adequabilidade ambiental, por consequências das estatísticas de alguns algoritmos aplicados, pela amplitude espacial e a diversidade dos sistemas climáticos que foram submetidos a análises comparatórias aos locais de ocorrência das espécies. Dessa forma, as modelagens não foram condizentes para inferir com precisão faixas de adequabilidade ambiental para ocorrência das espécies nas localidades projetadas. Todavia é interessante adicionar outras variáveis ambientais que possuam características próximas aos habitats de origem, para que a modelagem se apresente com maior acurácia os fatores abióticos que compõem o nicho destas espécies.

Os resultados da análise de granulometria foram satisfatórios para estabelecer uma relação entre ocorrência das espécies e a categoria granulométrica dos grãos. As espécies demonstraram especificidade na correlação da sua distribuição com o categoria granulométrica predominante do solo. Dessa forma podemos considerar o solo e seus atributos físicos como um filtro ambiental que interfere na distribuição de espécies de formigas edáficas, delimitando dispersões e restringindo-as a áreas de nidificação, associando a estes, abordagens sobre traços funcionais como o tamanho das formigas em relação ao tamanho granulométrico do grão.

Portanto o presente estudo corroborou com hipóteses de que o padrão de distribuição de espécies pode ser associado a fatores edáficos e climáticos. Ambas abordagens demonstraram influências na percepção ecológica do habitat, sendo mais uma contribuição para o entendimento de padrões e condições que delimitam a distribuição. Estes em conjunto podem fornecer uma serie de dados sobre características abióticas dos habitats, que de fato participam e estabelecem condições favoráveis de ocorrências para

e seu determinado nicho, de forma a fundamentar tomadas de decisões e estudos que visem a conservação de espécies endêmicas de *Mycetophylax* e de todo ecossistema de restingas.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)" - Código de Financiamento 001.