

ANNA FLÁVIA NERI DE ALMEIDA

**FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM *Gaylussacia  
brasiliensis* (Spreng.) Meissner EM ÁREA DE RESTINGA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato

FLORIANÓPOLIS

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

ALMEIDA, ANNA FLÁVIA NERI DE  
FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM *Gaylussacia*  
*brasiliensis* (Spreng.) Meissner EM ÁREA DE RESTINGA  
/ ANNA FLÁVIA NERI DE ALMEIDA ; orientador, PAULO  
EMÍLIO LOVATO, 2019.  
111 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,  
Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos  
Vegetais, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Recursos Genéticos Vegetais. 2. FUNGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES. 3. ERICACEAE. 4. DUNAS.  
5. LOVATO, PAULO EMÍLIO. II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.


**Fungos micorrízicos arbusculares em *Gaylussacia  
brasiliensis* (Spreng.) Meissner em área de restinga**

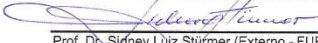
por


**Anna Flávia Neri de Almeida**


Dissertação julgada e aprovada em 20/02/2019, em sua forma final, pelo Orientador e membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de Concentração Recursos Genéticos Vegetais, no Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, CCA/UFSC.

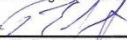
Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Emilio Lovato (Presidente-CCA/UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sidney Lütz Stürmer (Externo - FURB/SC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Cláudio Roberto Fonseca Sousa Soares (Interno - CCB/UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Tiago Montagna (Externo - CCA/UFSC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Emilio Lovato (Coordenador do Programa)

Florianópolis, fevereiro de 2019



## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Joseane Neri Silva, e meu irmão, Felipe Neri de Almeida, pelo carinho, por compartilharem comigo todos os momentos de minha vida, tendo sempre um gesto de encorajamento. Por permitirem sonhar. Por tudo.

Ao Professor Paulo Emílio Lovato, pela orientação. Agradeço a confiança a mim depositada e pelo incentivo.

À Universidade Federal de Santa Catarina, ao Departamento de Engenharia Rural e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais pela oportunidade de realizar o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

À Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM), pela concessão da licença para a realização da pesquisa no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição – SC.

Ao Lenon Romano Modesto e à Bruna Vargas Andriolli, que desde o início da jornada da pós-graduação sempre estiveram comigo, me apoiando, auxiliando na pesquisa, incentivando com frases motivacionais e descontraídas. Obrigada amigos, vocês tornaram os dois anos de mestrado mais intensos e marcantes.

À Anyela Rojas, que desde a primeira vez que cheguei a Floripa, em 2015, me acolheu e esteve sempre disposta a me ajudar. Sem a sua ajuda e amizade tudo seria mais árduo.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia e Microbiologia do Solo, Aelton Bezerra, Bárbara Ventura, Edenilson Meyer, Fernanda Kokowycz, Juliana Scarsanela, Karina Goulart, Kelly Besen e Marcelo Betancur pelo companheirismo e conversas, principalmente na hora do café após o almoço. Em especial à Juliana Scarsanela e Karina Goulart pela ajuda na contagem e separação dos esporos, sem medir esforços.

Aos professores, graduandos e pós-graduandos do Laboratório de Solos. Em especial a Tais Moraes Barbosa, minha guia turística em Floripa, companheira de laboratório e amiga. E também ao Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento e Genética Vegetal (LFDGV) pela oportunidade de usar o microscópio com câmera para fotografar as lâminas de esporos e raízes do presente trabalho.

Ao Matheus Nicoletti e ao professor Sidney L. Stürmer, por me receberem no laboratório de Micorrizas da FURB, auxiliando nas identificações morfológicas dos esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Às minhas amigas, Flávia Moreira, Juliana Rogério, Karen Souza e Thainá do Prado que mesmo distantes, estiveram sempre comigo, me incentivando e sempre me lembrando de que devemos correr atrás dos nossos sonhos independentemente dos obstáculos. E também às minhas afilhadas, Bianca do Prado e Isadora do Prado, as quais me inspiram a ser uma pessoa melhor e cada fotografia enviada pela mãe, Thainá, com um sorriso encantador me alegravam e inspiravam. Obrigada por me enviarem energias positivas e pela amizade de longa data.

Às meninas do laboratório de Microrganismos e Processos Biotecnológicos da UFSC (LMPB), Anabel Hernández, Addressa Canei, Emanuela Pille e Shantau Stofell pelas risadas, cafés e chimarrão.

Aos colegas do RGV, em especial ao Daniel Steiner, Daniele Goeten, Rafael Rizzolo e Valdeir Lima, pelos cafés após o almoço e horas de descontração com conversas no laboratório. E a Miguel Busarello, que durante a fase final do mestrado esteve ao meu lado e sempre disposto a me auxiliar.

Aos colegas do grupo “5 Estados”, André Almeida, Bárbara Ventura, Gildean Portela e Rodolfo Assis pelos momentos de descontrações, incentivos e alegrias.

À Camila Duarte pelos bolos de cenoura nos momentos de comemoração e pelas conversas. Ao Cainan Maynardes pelas conversas e ajudas no laboratório para a realização da pesquisa. E à Cristina Belincanta que durante a fase de escrita me acompanhou.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, em especial às secretárias Mariana Marques e Daniele Rezende, e à responsável por manter nosso departamento sempre limpo, cheiroso e agradável para a realização de todo o trabalho, Érica Araújo.

Aos companheiros de disciplinas.

A todos, o meu muito obrigada por estes dois anos de convivência, aprendizado e oportunidades.

## RESUMO

A camarinha, *Gaylussacia brasiliensis*, é membro da família Ericaceae e encontrado em diferentes ecossistemas brasileiros, inclusive na restinga, área de dunas costeiras. Para estabelecer-se no ambiente de restinga, as plantas formam associações simbióticas com microrganismos do solo. Essa estratégia visa o melhor aproveitamento dos nutrientes do solo em áreas com características distintas. As áreas de restingas, em especial as localizadas no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC), compreendem extensões sem perturbações ou que sofreram perturbações, como queimada e introdução de espécies exóticas. O presente estudo trabalhou com a hipótese de que as diferentes áreas de dunas, com e sem perturbação, influenciam a estrutura das comunidades de FMA e favorecem a formação de micorrizas arbusculares em *G. brasiliensis*. O objetivo do estudo foi avaliar a associação micorrízica arbuscular em *Gaylussacia brasiliensis* e a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de restinga com e sem perturbação na Ilha de Santa Catarina. O estudo foi realizado no PMDLC, na região Leste da Ilha de Santa Catarina, SC. As áreas de estudo contemplaram área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécies exóticas do gênero *Pinus* (AP), área natural de dunas vegetadas com distribuição adensada de *G. brasiliensis*, e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB). Foram coletadas 10 amostras de raiz e solo próximo aos indivíduos de *G. brasiliensis*, em florescimento, em cada área de estudo. Ainda, foi realizada uma segunda coleta de raiz para investigar a colonização radicular por FMA. Os resultados demonstram que colonização por FMA ocorre preferencialmente nas raízes estruturais de *G. brasiliensis*, mesmo que em baixa concentração. A comunidade de espécies de FMA no PMDLC foi composta por 27 morfotipos, distribuídos em quatro famílias do filo Glomeromycota. As espécies das famílias Acaulosporaceae e Glomeraceae foram dominantes em todas as áreas de estudos. As perturbações sofridas nas áreas não afetaram a composição da comunidade micorrízica arbuscular. O pH foi o atributo químico edáfico que determinou a distribuição das espécies de FMA nas áreas de dunas estudadas. Ademais, os teores de carbono orgânico total (COT) e fósforo resina (P) apresentaram-se fortemente associados à distribuição de espécies de FMA. Em conclusão, a *G. brasiliensis* encontrada em áreas de restinga se associa a FMA, e as comunidades de FMA nas áreas não foram influenciadas pelas perturbações. Entretanto, foram selecionadas espécies com potencial para inoculação de mudas para programas de

recuperação de áreas. As variáveis edáficas pH, COT e P foram determinantes para a distribuição das espécies de FMA. Além disso, foi evidenciada a importância da conservação e preservação de áreas de restinga sem perturbações para a resiliência das áreas perturbadas.

**Palavras-chave:** Dunas; Ericaceae; Fungos Radiculares; Introdução de espécie exótica; Queimada.



## ABSTRACT

The *Gaylussacia brasiliensis* is a shrub, member of the Ericaceae family and is found in different Brazilian ecosystems, such as the resting, sandy coastal areas. In order to establish itself, the *G. brasiliensis* associates with soil symbionts or shares nutrients among plant species, coexisting in the same area. These strategies can occur in the species simultaneously, aiming for a better use of nutrients in areas with different characteristics. The *restinga* areas, mainly the ones located at Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC), consist of undisturbed spaces as well as ones that have suffered disturbances, such as wildfires and introductions of exotic species. Therefore, this study was carried out under the hypothesis that different dune areas, with and without disturbance, influence the structure of AMF communities and favor the formation of arbuscular mycorrhizae in *G. brasiliensis*. The goal of the study was to evaluate the association of arbuscular mycorrhiza with *Gaylussacia brasiliensis* and the diversity of arbuscular mycorrhiza fungi in *restinga* areas, with or without disturbances, in Santa Catarina Island. The study was carried out at PMDLC, in the eastside of Santa Catarina Island, Santa Catarina. Areas in regeneration after wildfires (AQ), areas with exotic species introduction, *Pinus* genus (AP), natural areas of vegetated dunes with dense *G. brasiliensis* distribution and natural lowland areas with random *G. brasiliensis* distribution (AB) were included in the study. Ten root and soil samples were collected near the blooming *G. brasiliensis* individuals in each area of study. However, a second root collection was made to investigate the AMF radicular colonization. Results show that the colonization by AMF preferably occurs in structural roots of de *G. brasiliensis*, even if at low concentration. The AMF community at PMDLC consisted of 27 morphotypes, which were distributed among four families of the Glomeromycota phylum. The species of the Acaulosporaceae and Glomeraceae families were dominant in all areas of study. The disturbance suffered by the areas did not influence the composition of the arbuscular mycorrhiza community. The pH was the edaphic chemical attribute that determined the distribution of AMF species at the dunes area. In addition, the content of total organic carbon (TOC) and the phosphorus resin (P) were strongly associated with AMF species distribution. In conclusion, the *G. brasiliensis* found at the *restinga* areas is associated with FMA, and AMF communities were not influenced by the disturbances. However, species with potential for inoculation were selected from plant seedlings to be used in area recovery programs. The

edaphic attributes pH, COT and P were determinant for the AMF distribution. Moreover, the importance of conserving and preserving undisturbed *restinga* areas for the resiliency of disturbed areas was highlighted.

**Keywords:** Ericaceae; Introduction of exotic species; Root Fungi; Sand dunes; Wildfire.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** *Gaylussacia brasiliensis*. A) Indivíduo arbustivo com frutos maduros. B) Flores. C) Frutos em período de maturação diferente. Fonte: Desenvolvido pela autora. .... 26
- Figura 2.** Estrutura da raiz de espécies pertencentes à Ericaceae. a) Desenho esquemático das raízes finas de Ericaceae. b) Estrutura da raiz coletada a campo e suas respectivas divisões. Fonte: Retirado de Peterson et al. (2004; Figura 2a). Elaborado pela autora (Figura 2b). .... 27
- Figura 3.** Áreas de estudo com ocorrência de *Gaylussacia brasiliensis* no PMDLC. A) Área em regeneração após queimada (AQ). B) Área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV). C) Área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP). D) Área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB). Fonte: Elaborado pela autora. .... 48
- Figura 4.** Mapa com a localização dos pontos de coleta no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, contemplando as áreas em recuperação pós-queimada (AQ), área vegetada com distribuição adensada de *G. brasiliensis* sob dunas móveis (AV), área de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) e área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP). Fonte: Elaborado pela autora. .... 49
- Figura 5.** Áreas queimadas no PMDLC em outubro de 2018. A) Área em regeneração após queimada (AQ). B) Área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV). Fonte: Elaborado pela autora. .... 51
- Figura 6.** Lâmina de raiz de *Gaylussacia brasiliensis* para determinação de colonização micorrízica arbuscular. Fonte: Elaborado pela autora. . 53
- Figura 7.** Raízes de *Gaylussacia brasiliensis* com presença de colonização intracelular por fungos micorrízicos ericóides (ErM). A) Setas indicando colonização radicular por ErM, com diferentes intensidades de colonização por célula. B) Setas indicando colonização radicular por ErM com hifas de formações distintas. Escala: 20µm. Fonte: Elaborado pela autora. .... 57
- Figura 8.** Estruturas semelhantes à vesículas e esporos no interior de raízes de *Gaylussacia brasiliensis*. A, B e C) Setas indicando a presença de estruturas semelhantes à vesículas. D) Setas indicando colonização intracelular por corpos redondos. Escala: 20 µm. Fonte: Elaborado pela autora. .... 58
- Figura 9.** Colonização micorrízica arbuscular, por vesícula, em *Gaylussacia brasiliensis* em área em regeneração após queimada (AQ),

área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil, provenientes de amostras de campo. Gráfico com barra com erro-padrão da média. n=10. Fonte: Elaborado pela autora..... 59

**Figura 10.** Colonização radicular de *Gaylussacia brasiliensis*. Setas indicando colonização radicular por fungos de coloração amarronzada. Escala: 50 µm. Fonte: Elaborado pela autora. .... 60

**Figura 11.** Número de esporos encontrados em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Gráfico com barra de desvio padrão da média. n=10. Fonte: Elaborado pela autora..... 62

**Figura 12.** Número de espécies de FMA por família taxonômica em em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB), na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora. .... 63

**Figura 13.** Similaridade entre as comunidades de FMA com base na diferença de *Jaccard* em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora..... 64

**Figura 14.** Diagrama de ordenação das áreas e espécies de FMA, produzido pela análise NMDS (escalonamento multidimensional não paramétrico), em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. Brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. Brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora..... 65

**Figura 15.** Análises de redundância baseada na distância (dbRDA) entre a comunidade de FMA e os atributos químicos (P res, K res, Ca, K, Na e pH) do em área em regeneração após queimada (●), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (✕), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (◀) e área natural de baixada

com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (■) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora..... 67



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Demarcação das áreas de estudo no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, sendo contemplado as áreas em recuperação pós-queimada (AQ), área vegetada com distribuição adensada de <i>G. brasiliensis</i> sob dunas móveis (AV), área de baixada com distribuição aleatória de <i>G. brasiliensis</i> (AB) e área com introdução de espécie exótica, o gênero <i>Pinus</i> (AP) com suas respectivas latitudes e longitudes. ....	50
<b>Tabela 2.</b> Variáveis químicas do solo em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero <i>Pinus</i> (AP), área natural de duna vegetada com <i>G. brasiliensis</i> adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de <i>G. brasiliensis</i> (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. ....	52
<b>Tabela 3.</b> Frequência relativa e índice de frequência global (IF) de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero <i>Pinus</i> (AP), área natural de duna vegetada com <i>G. brasiliensis</i> adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de <i>G. brasiliensis</i> (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil, provenientes de amostras de campo. E presença de espécies de FMA encontradas em amostras de cultura armadilha. ....	61
<b>Tabela 4.</b> Dados estatísticos do modelo utilizado na análise dbrDA relacionado aos atributos químicos do solo. DF: Grau de liberdade; SQ: Soma de quadrados; Pseudo-F: proporção do pseudo-F. ....	66
<b>Tabela 5.</b> PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Jaccard, aplicada aos atributos químicos do solo para as áreas amostras e aos eixos da dbrDA. Df= grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, Pseudo-F: proporção do Pseudo-F. Valor de p em negrito indica significância estatística ( $p < 0,01$ ). ....	68





## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB – Área natural de baixada com distribuição aleatória de *Gaylussacia brasiliensis*  
AIB - Ácido Indol-butílico  
Al - Alumínio  
ANOSIM - Análise de Semelhanças  
ANOVA - Análise de Variância  
AP - Área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus*  
AQ - Área em recuperação após queimada  
AV - Área natural de dunas vegetadas com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas  
C - Carbono  
C - Comum  
Ca - Cálcio  
CCA – Análise de Correspondência Canônica  
CICG - Coleção Internacional de Cultura de Glomeromycota  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
COT - Carbono Orgânico Total  
CTC – Capacidade de Troca de Cátions  
Cu - Cobre  
D - Dominante  
ECM - Fungos Ectomicorrízicos  
ErM - Fungos Micorrízicos Ericóides  
Fe - Ferro  
FLORAM - Fundação Municipal do Meio Ambiente  
FMA - Fungos Micorrízicos Arbusculares  
FO - Frequência de Ocorrência  
FURB - Universidade Regional de Blumenau  
g - Grama  
IF - Frequência Global  
INVAM - *International Culture Collection of Mycorrhizal*  
K – Potássio  
K\_res – Potássio resina  
KCl - Cloreto de Potássio  
Kg - Quilograma  
MC - Mais Comum  
Min - Minutos  
Mn - Manganês  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
MOS - Matéria Orgânica do Solo

N - Nitrogênio  
Na - Sódio  
NaCl - Cloreto de Sódio  
NMDS - Escala Multidimensional Não Métrica  
Nt - Nitrogênio Total do solo  
ONG - Organização Não Governamental  
P – Fósforo  
P\_res – Fósforo resina  
PAERV - Parque Estadual do Rio Vermelho  
PET - Programa de Educação Tutorial  
pH - Potencial Hidrogeniônico  
PERV – Parque Estadual do Rio Vermelho  
PMDLC - Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição  
PVLG - Polivinil-lactoglicerol  
R - Rara  
SISGEN – Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado  
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina  
Vol - Volume  
Zn - Zinco  
°C - Grau Celsius  
µm - Micrometro

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>25</b>
2.1. <i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spreng.) Meissner .....	25
2.2. ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA EM ERICACEAE.....	28
2.3. ÁREA DE RESTINGA.....	30
2.4. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	34
2.5. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM RESTINGAS.....	36
2.6. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS PERTURBADAS.....	39
2.6.1. Fungos micorrízicos arbusculares em área pós-queimada ..	40
2.6.2. Fungos micorrízicos arbusculares em área com espécies exóticas invasoras .....	41
<b>3. OBJETIVO</b> .....	<b>45</b>
3.1. OBJETIVO GERAL .....	45
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	45
<b>4. HIPÓTESES</b> .....	<b>45</b>
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>
5.1. ÁREA DE ESTUDO.....	47
5.2. COLETAS À CAMPO.....	50
5.3. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS .....	51
5.4. DETERMINAÇÃO DA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR.....	52
5.5. CULTURA ARMADILHA .....	54
5.6. EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES ....	55
5.7. MEDIDAS DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPÉCIES DE FMA.....	55
5.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	56
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>57</b>

6.1. COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR EM RAÍZES DE <i>Gaylussacia brasiliensis</i> .....	57
6.2. COMUNIDADE DE ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM E SEM PERTURBAÇÃO .	60
6.3. INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA COMUNIDADE DE FMA .....	66
<b>7. DISCUSSÃO.....</b>	<b>69</b>
7.1. COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR EM RAÍZES DE <i>Gaylussacia brasiliensis</i> .....	69
7.2. COMUNIDADE DE ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM E SEM PERTURBAÇÃO .	71
7.3. INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO NA COMUNIDADE DE FMA .....	76
<b>8. CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS .....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE A - Esporos de FMA coletados em áreas de restinga e identificados.....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE B - Autovalores, autovetores e proporção da variação associada a seis eixos da análise de redundância com base na distância (dbRDA) de variáveis químicas do solo avaliadas para espécies de FMA.....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO A - Registro do cadastro no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado.</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO B - Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico realizado pelo SISBIO. ....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO C - Comprovante de autorização para realização de pesquisa científica no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC).....</b>	<b>111</b>

## 1. INTRODUÇÃO

*Gaylussacia brasiliensis* (Spreng.) Meissner, popularmente conhecida como camarinha, é membro da família Ericaceae e encontrada em diferentes domínios fitogeográficos como Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (Reflora, 2017). Caracterizada por sua plasticidade ecológica e fenotípica (Romão, 2011), cosmopolita, nativa do bioma Mata Atlântica e um recurso subutilizado, desperta interesse medicinal (Antônio, 2004; Rodrigues et al., 2011) e alimentício (Antônio, 2004; Bramorski, 2011; Campos et al., 2013). No entanto, há pouco estudo referente à sua comunidade e funcionalidade em ambientes de restinga (Luteyn, 2002), tornando-a alvo potencial para conservação e comercialização.

A restinga, local de ocorrência de *G. brasiliensis*, é um ecossistema peculiar da costa atlântica brasileira (Araújo, 1992). Localizada entre os ambientes marinho e continental, possui estrutura complexa e alta diversidade biológica, com fauna e flora compostas por espécies de diferentes ecossistemas que formam associações típicas de grande expressão ecológica (CECCA, 1997). Caracterizada por apresentar solos ácidos e pobres em nutrientes em decorrência de processos naturais (Barcelos et al., 2012), sua vegetação está adaptada e demonstra elevada eficiência na utilização dos nutrientes minerais (Moraes et al., 1999).

A fim de sobreviver sob condições adversas, como àquelas encontradas nas restingas, espécies vegetais associam-se a microrganismos presentes no solo, como os fungos micorrízicos. A família Ericaceae, a qual *G. brasiliensis* se enquadra, caracteriza-se por formar micorriza do tipo ericóide (ErM) (Cuesta, 2010) e também, há registros de associação com fungo micorrízico do tipo arbuscular (FMA) (Koske et al., 1990; Kubota et al., 2001; Urcelay, 2002; Chaurasia et al., 2005; Baba et al., 2016). Essas associações, em seus vários tipos, desempenham papéis importantes na nutrição das plantas, ciclagem de nutrientes e estrutura e dinâmica das comunidades vegetais (Cairney e Meharg, 2003). Assim, a compreensão dos mecanismos utilizados pelas espécies vegetais é importante para o estabelecimento em habitats distintos, principalmente em restingas.

A origem da Ilha de Santa Catarina, local de ocorrência da espécie em estudo, está diretamente ligada à formação de restingas, (CECCA, 1997). Por se tratar de um ecossistema frágil, foram criadas unidades de conservação, e o Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC) é um exemplo dentre outras criadas na ilha (CECCA, 1997). O parque abriga microhabitats distintos e conserva espécies como *G. brasiliensis* (Guimarães, 2006). Dois eventos marcantes à comunidade

vegetal do parque foram registrados. O primeiro ocorreu no ano de 1962, com a introdução do gênero *Pinus* na ilha, principalmente nas áreas de baixada úmidas (Righetti et al., 2011) e em 2014, com a ocorrência de um incêndio nas dunas vegetadas (Beni, 2014). Desde então, a vegetação tem se recuperado destas perturbações, no entanto, não há registros de estudos realizados na área para compreender a influência dessas perturbações na dinâmica da comunidade vegetal e do solo, alvos cruciais para a conservação deste habitat.

A ocorrência de queimada nos ambientes florestais gera efeitos diretos e indiretos na comunidade microbiana. Dentre os efeitos diretos está a intensidade do fogo, que se classificada como alta ou severa resulta na remoção de táxons sensíveis e na prevalência daqueles resistentes (Reazin et al., 2016). E entre os efeitos indiretos, está à seleção de espécies vegetais também resistentes, que podem ocasionar alterações no fluxo de carbono (C) para o fungo micorrízico e dos nutrientes à planta e nas propriedades químicas do solo (Neary et al., 1999; Certini, 2005; Xiang et al., 2015). Fungos pertencentes aos filos Basidiomycota e Glomeromycota são mais sensíveis e rapidamente eliminados em áreas em que a intensidade do fogo é alta (Holden et al., 2016; Reazin et al., 2016). Todavia, a recuperação da comunidade de FMA pode ocorrer dentro de uma década (Allison et al., 2010) e está diretamente dependente da revegetação de sub-bosque, das propriedades químicas do solo e da presença de propágulos viáveis de FMA em áreas adjacentes (Xiang et al., 2015).

A introdução de espécies vegetais exóticas é outro tipo de perturbação capaz de interferir na dinâmica dos organismos edáficos (Reinhart e Callaway, 2006) e encontrada no PMDLC. A alteração na dinâmica dos microrganismos pode ser compreendida como uma estratégia utilizada pelas espécies vegetais para o sucesso do seu estabelecimento e desenvolvimento no local (Hawkes et al., 2006). Neste tipo de perturbação, os FMA são afetados diretamente com a redução na abundância de esporos (Cumming e Kelly, 2007) e alteração na comunidade fúngica do solo (Remigi et al., 2008; Pinto, 2015), que pode ser afetada com a exsudação de substâncias pelas raízes das espécies introduzidas, que tendem a regular a população de microrganismos na sua rizosfera como facilitação para o seu estabelecimento e desenvolvimento e dificulta a associação entre fungos e plantas que coexistam no local (Johnson et al., 1992). A característica funcional da planta é também determinante no estabelecimento desta associação, considerada mais relevante do que o estado invasivo da planta (Bunn et al., 2015). Estudos referentes à biota edáfica nessas áreas são importantes, principalmente

após ocorrência de perturbações, para a compreensão da dinâmica da vegetação, dos microrganismos e da associação entre plantas e fungos.

A compreensão dos mecanismos determinantes da abundância relativa de espécies de FMA em áreas com e sem perturbação é crucial, pois se trata de uma força estruturante nas comunidades, que muitas vezes impulsiona a sucessão e influencia a riqueza geral de espécies vegetais (Lekberg et al., 2010). É também imprescindível o conhecimento do tipo de associação entre fungo e planta, para compreender as estratégias utilizadas, principalmente pelas plantas para se desenvolverem em ambientes com características edafoclimáticas distintas. A composição e riqueza de espécies de FMA são importantes contribuintes para a composição, variabilidade, produtividade e biodiversidade de espécies vegetais em ecossistemas naturais (Van der Heijden, 1998). Assim, a realização de estudos de comunidades de FMA em ecossistemas e associados a espécies nativas é importante para a manutenção em áreas naturais e para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que permitirá indicar diferentes isolados destes fungos que possam ser ativos em condições diversas (Rosendahl, 2008).

Muitos trabalhos realizados, principalmente no Brasil, a respeito da ocorrência e diversidade de FMA no ecossistema de restinga sem perturbação são recorrentes. Esses trabalhos evidenciam a importância da preservação desses locais que abrigam grande número de plantas, animais e microrganismos com diferentes estratégias de sobrevivência, e muitos endêmicos (Trufem et al., 1989 e 1994; Stürmer e Bellei, 1994; Cordoba et al., 2001; Souza et al., 2010 e 2012; Stürmer et al., 2010 e 2013; Da Silva et al., 2012 e 2015). Assim, estudos direcionados às características químicas do solo e à comunidade de FMA são decisivos para evidenciar a importância da conservação e preservação desse ecossistema. Porém, no Brasil, os estudos nessas áreas relacionam-se à comunidade de FMA em resposta às variações sazonais e gradientes de vegetação, com escassez de estudos de ocorrência em áreas perturbadas, por exemplo, pela ação do fogo e introdução de espécies exóticas. Deste modo, o presente estudo é pioneiro no conhecimento da comunidade de FMA em áreas de restinga naturais e perturbadas, com ocorrência de queimada e introdução de espécie exótica, no Brasil. Além disso, esse estudo torna-se mais interessante e valioso por abrigar a avaliação da associação micorrízica arbuscular em uma espécie tipicamente colonizada por micorrizas ericóides e outros grupos de fungos, como relatado por Besen (2017). Esses fatos demonstram a possibilidade de múltiplos mecanismos utilizados pelas espécies vegetais e o comportamento das espécies de FMA mediante condições abióticas estressantes.

Portanto, a fim de compreender se em área de restinga *Gaylussacia brasiliensis* se associa à FMA como estratégia de estabelecimento e desenvolvimento nessas áreas e se a comunidade de FMA é alterada com as perturbações encontradas no PMDLC, o estudo objetivou avaliar a associação micorrízica arbuscular em *Gaylussacia brasiliensis* e a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de restinga com e sem perturbação na Ilha de Santa Catarina.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. *Gaylussacia brasiliensis* (Spreng.) Meissner

*Gaylussacia brasiliensis*, popularmente conhecida na região sul do Brasil como camarinha ou mirtilo brasileiro (Flora de Santa Catarina, 2017), é uma eudicotiledônea, pertencente à ordem Ericales, família Ericaceae, subfamília Vaccinioideae, tribo Vacinieae (Luteyn, 2002) e gênero *Gaylussacia*. Indivíduos pertencentes a esse gênero tem grande expressão na flora brasileira, uma vez que 80% das espécies pertencentes a este gênero ocorrem no Brasil, e destas, 98% são classificadas como endêmicas do país (Romão, 2011).

A capacidade de colonizar habitats distintos tem uma função importante na dispersão de espécies pertencentes às Ericaceae Neotrópicas. Dentre as estratégias utilizadas por essas espécies encontra-se a produção abundante de frutos com sementes pequenas, dispersão por pássaros e coevolução com beija-flores, sementes tolerantes a fatores e flutuações microambientais (temperatura variável, insolação, extremo de secura e umidade) e de germinação rápida em ambientes estressantes (Luteyn, 2002). Ademais, são frequentemente de porte arbustivo perene ou árvores de pequeno porte, com folhas esclerófilas, ou seja, com alto teor de lignina (Peterson et al., 2004).

*G. brasiliensis* ocorre nos domínios fitogeográficos Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, nas vegetações do tipo campo de altitude, campo rupestre, carrasco (abrange caatingas arbustivas de solos pedregosos, capoeiras e áreas de vegetação aberta com arbustos de porte pequeno (Araújo et al., 1998)), cerrado, floresta ciliar ou galeria, restinga e vegetação sobre afloramentos rochosos (Romão, 2011). Sua abrangência vai desde o Pernambuco ao Rio Grande do Sul, além de estar presente também na região Central do Brasil (Lorenzi et al., 2006). Esta espécie ocorre em áreas de condições edáficas variadas, encontrada isolada ou agrupada (Marques e Klein, 1975).

Caracterizada por ser uma espécie com grande plasticidade ecológica e fenotípica, Romão (2011) relata sua plasticidade fenotípica conexas à diversidade de tamanho e arquitetura da espécie, uma vez que a mesma é descrita medindo entre 0,15 a 4,0 metros de altura, com folhas de tamanhos e formas distintas, com variação desde glabras e pubescentes a setosas. O tamanho e a forma são alterados conforme a condição de estresse a que são submetidas.

*G. brasiliensis* é um arbusto (Figura 1a) com ramos medindo entre 0,3 a 1,0 metros de altura e densamente folioso. Suas folhas são simples,

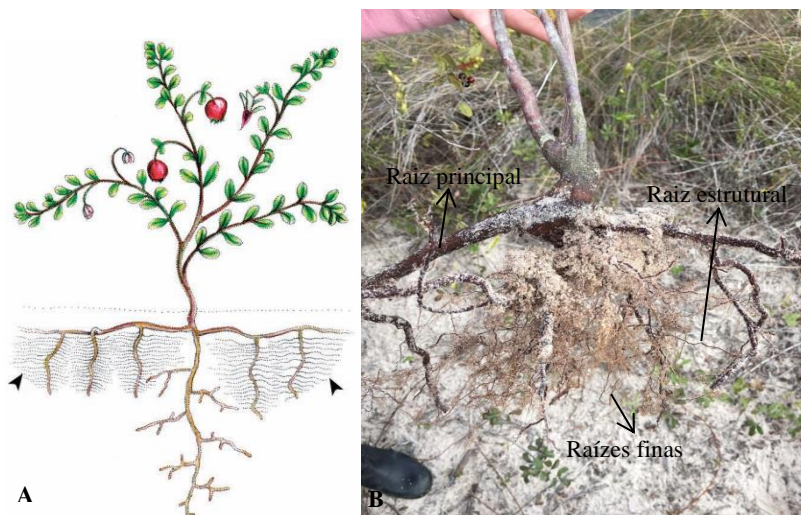
subcoriáceas, glabras e medindo entre 2 e 6 cm de comprimento (Lorenzi et al., 2006). De flores andróginas (Lorenzi et al., 2006), inodoras, perfeitas, com seus órgãos reprodutivos na parte inferior do tubo da corola urceolada, de coloração vermelha (Figura 1b), pentâmeras e actinomorfas, e densamente agrupadas em inflorescências racemosas axilares (Pimentel e Silva, 2011). A fenologia de floração é classificada, em nível de população, como contínua, com pausas ao longo do ano e duração estendida (Araújo et al., 2011; Pimentel e Silva, 2011). Silva e Cervi (2006) relatam que essa espécie não é endêmica e sua floração e frutificação ocorre durante todo o ano, exceto em condições de temperaturas extremas como calor, fogo e geadas (FLORA DE SANTA CATARINA, 2017).



**Figura 1.** *Gaylussacia brasiliensis*. A) Indivíduo arbustivo com frutos maduros. B) Flores. C) Frutos em período de maturação diferente. Fonte: Desenvolvido pela autora.

Os frutos do tipo baga, globosos (Figura 1c), com sementes minúsculas dispersas na polpa carnosa, tem sabor adocicado e agradável (Lorenzi et al., 2006) e de coloração negra. Ricos em antioxidante, são consumidos *in natura* ou utilizados no preparo de doces e aguardentes (Antônio, 2004). São fonte de compostos bioativos e nutricionais, por conterem teores altos de compostos fenólicos e antocianinas (Campos et al., 2013), triterpenos, vitamina C e bioflavonóides (Bramorski, 2011), com amadurecimento durante quase o ano inteiro, com predominância no verão (Lorenzi et al., 2006). A multiplicação desta espécie ocorre por meio das sementes (Lorenzi et al., 2006), no entanto, Santos et al. (2011) constataram que a melhor forma de multiplicação é pelo método de estaquia de ramos herbáceos, com o uso de ácido indol-butílico (AIB) como hormônio indutor de crescimento, uma vez que por meio da germinação de sementes, a taxa de sobrevivência das plântulas é baixa.

A família Ericaceae caracteriza-se por apresentar uniformidade na estrutura da raiz e desenvolver raízes laterais especializadas, conhecidas como raízes finas (Figura 2a e 2b) (Peterson et al., 2004).



**Figura 2.** Estrutura da raiz de espécies pertencentes à Ericaceae. a) Desenho esquemático das raízes finas de Ericaceae. b) Estrutura da raiz coletada a campo e suas respectivas divisões. Fonte: Retirado de Peterson et al. (2004; Figura 2a). Elaborado pela autora (Figura 2b).

As raízes finas da *G. brasiliensis* tem sua origem na ramificação da raiz estrutural (Figura 2a), são frágeis, de diâmetro menor que 70  $\mu\text{m}$ , curtas e com crescimento determinado (Besen, 2017). Essa mesma autora observou que as raízes finas apresentam anatomia simples e ausência de crescimento secundário, formado por um cilindro vascular estreito, com endoderme e uma camada de células epidérmicas grandes e vacuoladas. Já as raízes estruturais, são caracterizadas por originarem-se da diferenciação do cambium vascular e de crescimento secundário (Besen, 2017).

Caracterizada por ser uma espécie troquilófila típica, polinizada por beija-flores, *G. brasiliensis* possui em sua flor anteras poricidas adaptadas à polinização por abelhas e borboletas. Embora autocompatível, esta espécie necessita de polinizadores, pois não apresenta autopolinização espontânea e nem apomixia (Araújo et al., 2011). Esse fato está atrelado à hercogamia de aproximação presente na

flor, uma vez que a separação espacial entre o estigma e as anteras é suficiente para impedir que o pólen atinja o estigma (Araújo et al., 2011).

A parte aérea de *G. brasiliensis* tem sido muito estudada em virtude de suas propriedades medicinais. Antônio (2004) avaliou o potencial antiproliferativo do extrato bruto e princípios ativos isolados da espécie, e Rodrigues et al. (2011) realizaram o isolamento e identificação dos compostos ativos da parte aérea e constataram atividade antiproliferativa com a morte celular para células cancerígenas.

Há estudos realizados com essa espécie a respeito da taxonomia da espécie e estudos da filogenia do gênero (Romão, 2011), formas de multiplicação (Santos et al., 2011) autoecologia em áreas restingas (Besen, 2017) e biologia floral e visitantes da espécie (Araújo et al., 2011), no entanto, não há registros referente a estudos relacionados à comunidade micorrízica associada.

Esta espécie é alvo potencial para conservação por ser um recurso genético vegetal subutilizado, apresentar potencial alimentício, medicinal, ornamental, ser atrativa para a fauna e encontrada em diferentes domínios fitogeográficos brasileiros. Por essas razões, estudos referentes à sua comunidade fúngica e mecanismos de sobrevivência em áreas de restinga são importantes, a fim de embasar teoricamente suas estratégias e, eventualmente, potencializá-la como espécie de interesse comercial.

## 2.2. ASSOCIAÇÃO MICORRÍZICA EM ERICACEAE

Interações entre organismos e espécies vegetais são onipresentes e influenciam a estrutura das populações e comunidades naturais em todos os ecossistemas (Cairney, 2000). Certos fungos do solo, por exemplo, se associam com espécies vegetais numa interação simbiótica mutualística conhecida como micorriza. Essa associação, em seus vários tipos, desempenha papéis importantes na nutrição das plantas, ciclagem de nutrientes e na estrutura e dinâmica das comunidades vegetais (Cairney e Meharg, 2003). Entre os tipos de associações micorrízicas, as de maior expressividade na evolução, encontram-se as micorrizas arbusculares (FMA), ectomicorrizas (ECM), micorrizas orquidóides (OM) e micorrizas ericóides (ErM). Esse tipo de associação tem como base a transferência de C da planta para o fungo e de nutrientes minerais, em especial P e N, do fungo à planta simbiótica (Cairney, 2000). Essas associações conferem outros benefícios às plantas, como resistência a patógenos e proteção à toxicidade por elementos-traços presentes no solo (Smith e Read, 1997; Cairney, 2000).

Espécies vegetais pertencentes à família Ericaceae são encontradas em todo o mundo e em associação, principalmente a ErM (Cairney e Meharg, 2003, Besen, 2017), com relatos de associação à FMA (Koske et al., 1990; Kubota et al., 2001; Urcelay, 2002; Chaurasia et al., 2005; Baba et al., 2016), arbutóides e monotropóides (Peterson et al., 2004; Roybolduc et al., 2016) e ECM (Read, 1996).

Em diferentes condições edáficas, os fungos ErM demonstram-se eficazes na absorção de fosfatos do solo (Peterson et al., 2004), na atuação como saprófitos e como fortes competidores de fungos decompositores (Read, 1983), possibilitam a mobilização de N e P dos resíduos orgânicos, principalmente em ecossistema caracterizado por baixos teores de nutrientes disponíveis às plantas e considerável estresse edáfico (Read, 1996), denominados de charnechas ou *heathlands* (Read, 1983), além da aquisição de C presente em tais resíduos (Peterson et al., 2004). Há espécies de ErM, por exemplo a *Hymenoscyphus ericae*, capaz de secretar fosfatase ácida em torno das hifas externas que crescem próximas às raízes vegetais o que permite o acesso ao P a partir de fosfatos orgânicos pelas espécies vegetais (Peterson et al., 2004). Entretanto, em *heathland* o papel principal desempenhado pelas ErM refere-se à aquisição de N através de fontes distintas, como íons de nitrato e amônio e aminoácidos livres que podem ser translocados das hifas à planta (Peterson et al., 2004). Isso ocorre em virtude do potencial limitante desse elemento no crescimento das plantas (Nambiar, 1989). Além disso, há relatos da capacidade desses fungos em mobilizar e absorver Fe do solo em baixa concentração ou disponibilidade (Peterson et al., 2004) e proteger as plantas de elementos traços em excesso no solo, como cobre (Cu) e zinco (Zn) (Bradley et al., 1982).

O sucesso do estabelecimento e desenvolvimento desta espécie em ambientes estressantes pode estar relacionado à associação com esses fungos micorrízicos, uma vez que eles têm a habilidade de se adaptarem e resistirem em condições adversas o que confere melhor adaptação de seus hospedeiros vegetais (Cairney e Meharg, 2003). As raízes colonizadas por ErM fazem parte de uma estratégia utilizada por espécies pertencentes às Ericaceae e Epacridaceae frente à pobreza nutricional dos solos de *heathland* (Read, 1996).

Muitas espécies da família Ericaceae estão restritas a solos com baixo pH, alto teor de matéria orgânica e baixo nível de nutrientes disponíveis (Read, 1983), como em áreas em que o N presente no solo está ligado a diversos compostos orgânicos e na forma indisponível à planta (Peterson et al., 2004). Assim, para o seu sucesso ecológico (Cairney e Meharg, 2003) são fortemente dependentes desses fungos para

a aquisição dos nutrientes presentes na matéria orgânica do solo (Vohník et al., 2012).

A colonização por fungos é observada nas raízes estruturais e finas (Koske et al., 1990; Besen, 2017), que se encontram presentes na camada superficial do solo, onde há predominância de microrganismos e material orgânico (Peterson et al., 2004). A colonização radicular de *G. brasiliensis* por diferentes tipos de fungos, ErM, FMA e endofíticos septados escuros (Kubota et al., 2001; Urcelay, 2002; Besen, 2017) é explicada pela implicação desses fungos no benefício a plantas em ambientes estressantes. Os ErM, por exemplo, são eficazes na absorção de fosfatos do solo (Peterson et al., 2004) e mobilização de N e P dos resíduos orgânicos (Read, 1983), enquanto os FMA são efetivos na absorção de água e nutrientes, especialmente aqueles de baixa mobilidade, além de promover tolerância a condições estressantes a que as plantas são submetidas, como altos teores de Fe, Al, Mn, estresse hídrico, valores extremos de pH e salinidade (Moreira-Souza e Cardoso, 2002). Os endofíticos de septo escuro por sua vez têm sua função ainda não bem definida, mas pode-se atribuir a eles o sucesso competitivo e vigor das plantas (Haselwandter e Read, 1980). Todos esses tipos de fungos são capazes de proteger a planta de patógenos e elevados níveis de elementos traços no solo (Haselwandter e Read, 1980; Read, 1983; Moreira-Souza e Cardoso, 2002; Peterson et al., 2004). Com isso, pode-se inferir que a *G. brasiliensis* utiliza diferentes estratégias de associação com fungos do solo para a sua sobrevivência em ecossistema de restinga.

Ao estudar a colonização micorrízica em três espécies de *Vaccinium* (Ericaceae) e uma espécie de *Styphelia* (Epacridaceae), Koske et al. (1990) observaram colonização tipo ErM apenas nas raízes finas e de FMA nas raízes corticais de diâmetro superior a 1,5 mm. Foi sugerido por esses autores à capacidade ancestral de espécies pertencentes à ordem Ericales de se associarem com ambos os tipos de micorriza. Esses diferentes grupos micorrízicos que se associam às Ericaceae podem estar envolvidos nas respostas aos diferentes tipos de estresse em que as espécies vegetais estão submetidas (Read, 1983), principalmente em áreas de dunas. Assim, faz-se necessário o conhecimento da existência dos tipos de associação, nos diferentes tipos de raízes, entre plantas e fungos existentes em área de restinga.

### 2.3. ÁREA DE RESTINGA

A restinga é um ecossistema associado à Mata Atlântica, a qual consiste de um domínio florístico constituído por várias formações

florestais e de grande expressividade na biodiversidade mundial, incluída entre os 35 *hotspot* da biodiversidade (Myers et al., 2000). Prestadora de importantes serviços ambientais, a restinga regula o fluxo dos mananciais hídricos, assegura a fertilidade do solo, oferece belezas cênicas, controla o equilíbrio climático, protege escarpas e encostas de serras, e preserva patrimônio histórico e cultural (MMA, 2017), fatores que justificam a importância de sua conservação e preservação.

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 261, de 30 de junho de 1999 (BRASIL, 1999), a área de restinga é um conjunto de ecossistemas distintos fitofisionomicamente, situadas, predominantemente, em áreas arenosas de origens marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destas, com diferenças geomórficas, pedológicas e climáticas. Esta área compreende vegetações originalmente herbáceas, subarbustivas, arbustivas ou arbóreas, com áreas naturais sem vegetação ou com vegetação em mosaico.

No Brasil, depósitos eólicos ativos são classificados em dois tipos. O primeiro tipo compreende os campos de dunas livres e lençóis de areia, e o segundo engloba dunas frontais semifixas ou vegetadas, caracterizada pelas dunas frontais embrionárias e estabelecidas, exclusivas de áreas costeiras (Giannini et al., 2005).

Fatores como alterações de efeitos antrópicos e naturais ocasionam modificações na disponibilidade dos sedimentos, uma vez que a linha costeira é caracterizada por uma intensa instabilidade do ponto de vista geomorfológico (Guerra e Cunha, 2001). A função da vegetação neste ecossistema tão frágil está diretamente relacionada à estabilização dos sedimentos, manutenção da drenagem natural e preservação da fauna residente e migratória (BRASIL, 1999).

Em escala geológica, a restinga é um ambiente recente e as espécies da flora são provenientes de outros biomas, como Mata Atlântica e Caatinga (Barcelos et al., 2012). Na zona costeira brasileira, em especial das regiões Sul e Sudeste, a comunidade vegetal é originária da variabilidade edáfica, geomorfológica e climática dos sistemas de dunas (Cordazzo e Costa, 1989). Fatores como deposição de sal, salinidade do solo, elevada concentração de cátions e movimento da areia afetam a estrutura vegetal em ecossistemas de restinga (Henriques e Hay, 1998).

Falkenberg (1999) propôs uma classificação fitofisionômica para a restinga catarinense, que a divide em três comunidades vegetais: restinga herbácea/subarbustiva, restinga arbustiva e restinga arbórea. Nessa classificação, *G. brasiliensis* está presente na restinga herbácea/subarbustiva da vegetação de praias e dunas frontais, cuja

principal característica é a existência de populações esparsas ou agrupadas, muitas vezes densas, com atuação na fixação e recobrimento total do solo arenoso. Ela está presente também na restinga arbustiva, no tipo de vegetação primária ou original, e no estágio médio de regeneração da restinga arbustiva. Por outro lado, Guimarães (2006) ao realizar seu estudo no PMLC, coloca a espécie em estudo como presente em dunas internas semifixas e fixas, e em baixadas secas e úmidas.

A Ilha de Santa Catarina teve sua origem ligada, diretamente, à formação de restingas, pela união dos antigos grupos de ilhas e atualmente os morros, com a formação de lagunas, como a Lagoa da Conceição, Lagoa do Peri e a Lagoinha do Leste (CECCA, 1997). Há preservação de diversas formações de restinga, como Moçambique, Ingleses-Santinho, Pântano do Sul e Joaquina-Campeche. A ilha compreende áreas protegidas em Unidades de Conservação, como o Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, o Parque Municipal da Lagoinha do Leste e o Parque Municipal da Lagoa do Peri, entre outros (CECCA, 1997).

O Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC) compreende uma área de 563 hectares de restinga e se estende desde o sul da Lagoa da Conceição à Praia do Campeche (CECCA, 1997). O parque abriga mais de 326 espécies de plantas (Guimarães, 2006) e é formado por uma fitofisionomia herbácea subarbustiva, arbustiva e arbórea (Bresolin, 1979). Os microhabitats presentes incluem praias, o principal complexo de dunas móveis e semifixas da ilha, áreas baixas que podem ser secas, úmidas ou periodicamente inundadas, com formação de lagos intermitente e permanente (Guimarães, 2006). A região leste da Ilha de Santa Catarina, onde se localiza o parque, é caracterizada pela existência de um sistema aberto de alta energia, diretamente sujeito à dinâmica do Oceano Atlântico, ocorrendo uma planície costeira de grande extensão, composta por campos de dunas das Aranhas no Nordeste e da Joaquina no sudeste da ilha (Castellani, 2003).

O PMDLC é considerado a segunda área mais crítica relacionada à contaminação biológica por *Pinus* spp. na ilha (Bechara, 2003). Isso se deve à introdução do gênero na Ilha de Santa Catarina no ano de 1962, inicialmente plantado no Parque Estadual do Rio Vermelho (Righetti et al., 2011), distante cerca de 12 km do PMDLC. Guimarães (2006) salienta a susceptibilidade do parque à invasão por *Pinus* devido à vegetação nativa ser constituída de espécies arbustivas esparsas em pequenas manchas e poucas espécies arbóreas. A área com predomínio de *Pinus* spp compreende a região de baixadas secas e úmidas. Em 2012, foi promulgada a Lei Municipal 9097/2012 (Santa Catarina, 2012), que instituiu a remoção e substituição de espécies exóticas invasoras como



*Pinus*, *Eucalyptus* e *Casuarina* spp. por espécies nativas no município de Florianópolis. A partir dessa Lei, integrantes e voluntários do Programa de Educação Tutorial (PET) de Biologia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) iniciaram o combate da invasão biológica no PMDLC. Essa ação ocorreu em parceria com a organização não governamental (ONG) Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Prefeitura Municipal de Florianópolis e Fundação Municipal do Meio Ambiente (FLORAM) (Flôres, 2015; Dechoum et al., 2018).

Em 2014, um incêndio atingiu uma área de aproximadamente 50 mil m<sup>2</sup> (0,89% do parque) de vegetação no parque. Esse fato ocorreu em decorrência de três fatores: vento forte, temperatura alta e baixa umidade (Beni, 2014). A área atingida abrange as dunas vegetadas, localizadas no interior do parque.

Um fator condicionante e limitante da distribuição das formações florestais é o solo (Pereira et al., 2001). Sua origem se dá por meio de processos físicos e químicos, iniciados pela transformação da rocha em diferentes materiais, e tem como importante protagonista a vegetação, por participar de forma mecânica com as raízes, e química, com a decomposição e deposição de material orgânico (Barcelos et al., 2012). A origem do solo não resulta somente da transformação das rochas, mas também, de sedimentos argilosos transportados pelo vento ou pela água, e conseqüentemente, há a formação dos solos aluviais (Primavesi, 1999). Em solos arenosos de restinga ocorre o processo de podzolização, que consiste na percolação da água, formação de uma camada branca e o acúmulo e lavagem do solo superior com o carregamento de húmus, cátions e óxidos de ferro, e conseqüentemente, o empobrecimento e acidificação das camadas superficiais do solo (Barcelos et al., 2012).

O Neossolo Quartzarênico, predominante no PMDLC, é um tipo de solo originado de depósitos arenosos, com textura de areia ou areia franca de até 2 m de profundidade (Frazão et al., 2008). A baixa fertilidade desse solo se deve ao predomínio da fração areia, ao baixo teor de MOS, que são fatores condicionantes à baixa adsorção e retenção dos nutrientes nos colóides do solo (Meurer et al., 2010), já que a areia possui baixa capacidade de troca de cátions (CTC), o que resulta em sua capacidade de tamponamento (Ashman e Puri, 2002) e a ocorrência intensa do processo de lixiviação, que promove a perda dos elementos alcalinos e alcalinos terrosos (Salviano et al., 2016).

Em solos arenosos observa-se baixos níveis de MOS, atributo comum em áreas predominantemente de Neossolo Quartzarênico (Carneiro et al., 2009; Leite, 2017; Oliveira et al., 2017). A base da

fertilidade do solo é a MOS, que está diretamente relacionada a processos ambientais, como a ciclagem de nutrientes, agregação do solo e dinâmica hídrica (Leite, 2017). Além disso, a MOS é responsável por 75 a 85% da CTC no solo, compõe a superfície de cargas negativas em conjunto com a caulinita e os óxidos de ferro (Siqueira Neto et al., 2009) e tem carga eletrostática alta e variável, possibilitando alguma troca de nutrientes no solo (Ashman e Puri, 2002). Assim, sua manutenção é de grande relevância, uma vez que possibilitará juntamente à maior diversidade florística e microbiológica, maior disponibilidade de nutrientes às plantas (Leite, 2017), com redução na sua perda, e conseqüentemente na contribuição da agregação do solo, na proteção e manutenção do C (Carneiro et al., 2009).

Por apresentar características peculiares, estar em uma área de interesse imobiliário e vulnerável a diferentes tipos de perturbações, estudos direcionados ao conhecimento das comunidades biológicas do solo de áreas de restinga, principalmente do PMLC, são de suma importância para a conservação dos recursos genéticos, do ecossistema e do funcionamento perante ações antrópicas. Além do que, o conhecimento das características químicas desse ecossistema faz-se importante também para a compreensão da dinâmica nesse tipo de solo e como essa característica interfere na comunidade vegetal e microbiológica do solo.

#### 2.4. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

A colonização radicular de Ericaceae por FMA não é comum (Read, 1983). Contudo, há estudos com esse tipo de associação com espécies da ordem Ericales (Koske et al., 1990; Kubota et al., 2001; Urcelay, 2002; Chaurasia et al., 2005; Baba et al., 2016), presumindo que espécies ancestrais foram dependentes de FMA e espécies posteriores associaram à ErM, com o prevaletimento da dependência à ErM (Koske et al., 1990), o que torna a simbiose com FMA, em muitos casos, facultativa às plantas (Helgason e Fitter, 2009).

Os FMA são simbiotróficos obrigatórios, associam-se às raízes da maioria das espécies vegetais (Souza et al., 2006) e caracterizam-se por estarem distribuídos no solo com redes miceliais difundidas; apresentarem reprodução assexuada; não serem facilmente identificados por não apresentarem evidências, como por exemplo, formação de corpo de frutificação; e por serem simbiontes mutualísticos obrigatórios não é possível realizar seu cultivo em culturas axênicas (Helgason e Fitter, 2009).

A interação fungo e planta inicia-se na rizosfera, e segue-se a formação de micorriza, que compreende estruturas formadas pelas raízes das plantas hospedeiras e por esses fungos de solo (Hoffmann e Lucena, 2006). Formado por arbúsculos, vesículas, esporos característicos e hifas extra radiculares, a relação entre planta e solo se dá por meio da raiz e do micélio, e a relação entre fungo e planta ocorre de forma intracelular via arbúsculos, na absorção de nutrientes como P, Cu e Zn do solo (Reichert et al., 2009). Através do micélio intraradical o fungo recebe composto de C da planta, proveniente da fotossíntese e em contrapartida, o fungo disponibiliza, principalmente P (Helgason e Fitter, 2009), através das hifas intercelulares.

Em solos de baixa fertilidade ou degradados é primordial a presença desses fungos devido a sua alta capacidade de absorção de água e nutrientes, especialmente aqueles de baixa mobilidade (Moreira-Souza e Cardoso, 2002) e capacidade de favorecer a agregação do solo (Miller e Jastrow, 1992), com o aumento na retenção de umidade e agregação de partículas do solo que resulta na redução do risco de perda de solo por erosão (Sylvia e Jarstfer 1992; Augé et al, 2001). Ainda, promovem tolerância a condições estressantes a que as plantas são submetidas, como altos teores de Fe, alumínio (Al), manganês (Mn), estresse hídrico, valores extremos de pH e salinidade (Moreira-Souza e Cardoso, 2002).

Em termos de diversidade, densidade e potencial infectivo dos propágulos de FMA no solo, há grande influência das condições ecológicas (Trufem e Maia, 1990), da fisiologia do fungo (Morton, 1993), genótipo da planta e do fungo, e também do ambiente (Souza et al., 2003; Moreira et al., 2006). Em espécies perenes, por exemplo, o estágio fisiológico e fenológico da planta hospedeira podem influenciar na esporulação de FMA (Moreira e Siqueira, 2006). Munyanziz et al. (1997) afirmam que quanto maior a estabilidade do ecossistema, com horizontes superficiais do solo mais protegidos contra perturbações bruscas, maior será a garantia de sobrevivência das espécies com baixa esporulação, enquanto que a densidade de esporos de FMA aumenta com o grau de perturbação. As condições climáticas podem afetar diretamente o número de esporos e a colonização das raízes (Moreira et al., 2006). Em estações frias e secas, por exemplo, há predomínio da esporulação e redução na colonização e o oposto ocorre em estações quentes e úmidas (Moreira et al., 2006).

Estudos realizados por Allen e Allen (1984) e Van der Heijden (1998) mostraram que os FMA são encontrados na camada superficial do solo e interferem na composição, competição e sucessão das comunidades vegetais nos ecossistemas. Esses autores comentam que a diversidade

destes fungos está diretamente relacionada à maior eficiência na exploração do P no solo e ao uso mais adequado dos recursos disponíveis no sistema. Assim, a perda de diversidade do solo acarreta perda da diversidade vegetal e redução na produtividade dos ecossistemas. Por serem biotróficos obrigatórios, os fungos micorrízicos arbusculares dependem da presença de plantas hospedeiras para completarem seu ciclo de vida e são afetados com interferências antrópicas intensas nesses ecossistemas (Melloni et al., 2003), como ocorre nas restingas com queimadas e introdução de espécies exóticas, influências que conduzem a alteração da composição florística.

## 2.5. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM RESTINGAS

Os solos em áreas de restinga caracterizam-se pelos baixos teores de nutrientes e por serem bastante móveis, em razão dos ventos sobre as areias (Scarano, 2002). Esse fato exige que as espécies vegetais desenvolvam estratégias para o seu estabelecimento, desenvolvimento e sobrevivência. Dentre essas estratégias encontra-se a associação simbiótica com FMA. Em estudo realizado em área de duna marítima na praia da Joaquina, Stürmer e Bellei (1994) sugerem que esses organismos sejam capazes de compartilhar mecanismos de tolerância a condições de estresse, como altas temperaturas, seca e estrutura física dos solos das dunas de areias devido à habilidade de crescerem e se reproduzirem nesse ambiente.

Estudos taxonômicos e ecológicos de FMA em áreas de restinga têm sido realizados em grande parte do mundo. No Brasil, a maior parte dos estudos em áreas de dunas é realizada na região Sul (Stürmer e Bellei, 1994; Cordoba et al., 2001; Stürmer et al., 2010 e 2013) e Nordeste (Souza et al., 2010 e 2012; Da Silva et al., 2012 e 2015), com alguns na região Sudeste (Trufem et al., 1989 e 1994). Entretanto, há escassez de estudos em áreas de restinga perturbadas, por exemplo, pela introdução de espécies exóticas e a ação do fogo, voltados à ecologia dos FMA em ambas as regiões do país. Dois estudos encontrados realizados sob dunas arenosas avaliavam o efeito da queimada e do manejo pós-fogo na sucessão fúngica em plantação de *Pinus mugo* (Kutorga et al., 2012) e a sucessão de comunidades fúngicas precoces após queimada de copa em povoamentos de *P. mugo* e fogo de superfície em povoamento de *Pinus sylvestris* (Motiejūnaitė et al., 2014) no Hemisfério Norte, e um estudo com a avaliação da influência de indivíduos de Pinaceae introduzidos em áreas arenosas na África do Sul sob a comunidade de FMA (Rundel et al., 2014) no Hemisfério Sul.

Ao estudar a caracterização da composição e variação sazonal da população de esporos de FMA associados à *Spartina ciliata*, Stürmer e Bellei (1994) identificaram 12 espécies no total nas áreas de dunas. Os autores relataram que as comunidades micorrízica encontradas neste estudo e em estudos realizados na costa atlântica dos Estados Unidos foram semelhantes quanto às espécies de FMA específicas recuperadas, com dominância da família Gigasporaceae e riqueza de espécies. Da Silva et al. (2012) registraram um total de 34 espécies de FMA em áreas de restinga e dunas no nordeste brasileiro. Os fungos encontrados pertencem a 10 famílias, *Acaulosporaceae*, *Ambisporaceae*, *Dentiscutataceae*, *Entrophosporaceae*, *Gigasporaceae*, *Glomeraceae*, *Intraornatosporaceae*, *Pacisporaceae*, *Racocetraceae* e *Scutellosporaceae*, e entre os 14 gêneros encontrados os mais frequentes foram *Acaulospora*, *Glomus* e *Rococetra*.

Stürmer et al. (2013) ao estudarem a diversidade taxonômica e estrutural da comunidade de FMA em dunas marítimas de Santa Catarina, encontraram 25 espécies pertencentes a cinco famílias, *Acaulosporaceae*, *Ambisporaceae*, *Diversisporaceae*, *Gigasporaceae* e *Glomeraceae*. Essa alta diversidade de espécies de FMA permite, de acordo com esses autores, obter informações sobre a biodiversidade das dunas que apoiam a elaboração de políticas para conservação deste ecossistema transitório entre o ambiente marítimo e terrestre.

Estudos realizados por Da Silva et al. (2015) sobre as comunidades de FMA em gradiente de vegetação em dunas costeiras na Paraíba, mostraram alta densidade de esporos de FMA em áreas com vegetação arbórea e maior número de propágulos infecciosos em dunas com cobertura de herbáceas. Foram encontradas nessa área de estudo 50 espécies de FMA, pertencentes a 18 gêneros e 10 famílias, *Acaulosporaceae*, *Ambisporaceae*, *Dentiscutataceae*, *Diversisporaceae*, *Entrophosporaceae*, *Intraornatosporaceae*, *Gigasporaceae*, *Glomeraceae*, *Racocetraceae* e *Scutellosporaceae*, com os gêneros *Acaulospora* e *Glomus* compondo a maior riqueza de espécies. Nesse estudo, os autores encontraram espécies não descritas em outras áreas e indicaram a região como um *hotspot* de biodiversidade para esses organismos, com ressalva na necessidade da inclusão dos mesmos em políticas de preservação ambiental e conservação de áreas de dunas.

Em estudo realizado por Kutorga et al. (2012) ao avaliar o efeito de queimadas e de manejos pós-fogo na sucessão fúngica precoce em plantações de *Pinus mugo*, foi constatado que o fogo impacta negativamente espécies micorrízicas com a redução de 12% em áreas não queimadas para 3% em áreas queimadas. Em contrapartida, esses autores

observaram que houve aumento de espécies saprófitas, biotróficas e patológicas em áreas queimadas. Foi constatado também que a ausência de manejo nas áreas perturbadas pelo fogo favorece a biodiversidade geral dos fungos nos estágios iniciais de sucessão pós perturbação.

Ao avaliar o efeito da invasão biológica em áreas naturais em diferentes ambientes florestais, Rundel et al. (2014) evidenciam que em ambientes cuja distribuição da vegetação é esparsa ou há ausência destas, a sobrevivência e dispersão de espécies exóticas adaptadas ao local são favorecidas, principalmente se levar em consideração sua capacidade adaptativa e características ecofisiológicas. O sucesso adaptativo das espécies exóticas em ambientes naturais ocasiona alterações significativas nas comunidades acima e abaixo do solo. Segundo esses autores, as comunidades acima do solo são alteradas no que tange os processos e serviços do ecossistema, como sequestro de carbono, ciclos biogeoquímicos e até mesmo na vida selvagem local. A influência abaixo do solo refere-se, principalmente na presença de espécies que se associam preferencialmente à ECM como do gênero *Pinus*, propicia o aumento de inóculos ectomicorrízicos, alteração na proporção de bactérias e fungos no solo e alterações nos atributos químicos do solo, fatores que podem atribuir sucesso na invasão subsequente.

A perda da biodiversidade de FMA pode estar atrelada à redução da biodiversidade vegetal e à instabilidade dos ecossistemas, tornando-se necessária a proteção e conservação desses ambientes, a fim de reverter ou minimizar a redução da biodiversidade no planeta, com destaque aos componentes ecossistêmicos como plantas e microrganismos em estudos (Van der Heijden et al., 1998). As mudanças causadas por perturbações como a presença de espécies exóticas em ambientes naturais e a ocorrência de incêndios devem ser prioritárias para pesquisas futuras uma vez que podem fornecer informações importantes à ecologia do ecossistema (Rundel et al., 2014).

Estudos referentes à colonização micorrízica em espécies do gênero *Gaylussacia* são escassos, contudo, foi encontrado na literatura um trabalho realizado no Brasil por Besen (2017). A partir disso, pode-se dizer que o presente trabalho é pioneiro quanto à investigação da comunidade micorrízica arbuscular sob *G. brasiliensis* em áreas de dunas com e sem perturbação. Assim, é de grande importância tal avaliação, pois além dos estresses naturais comumente encontrados pelas plantas nessas áreas as mesmas são submetidas a influências adversas, com maior exigência de adaptação para o seu desenvolvimento e crescimento. Além do mais, o ecossistema de restinga abriga grande diversidade de FMA.

A compreensão da comunidade de FMA nesse ecossistema, em áreas perturbadas e naturais, e associadas à *Gaylussacia brasiliensis* possibilitará a compreensão de mecanismos e estratégias evolutivas utilizadas por ambos para adaptarem-se nesse ecossistema, como por exemplo, associação de diferentes grupos fúngicos a uma única espécie vegetal e em contrapartida, a associação de diferentes espécies vegetais a um grupo fúngico específico. Além disso, será possível ditar espécies de FMA promissoras, utilizando espécies micorrízicas generalistas e raras comumente em programas de recuperação de áreas degradadas e indagar sobre quais condições uma espécie vegetal opta por coexistir e se associar a determinados microrganismos.

## 2.6. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS PERTURBADAS

Dada à importância de estudos direcionados à ecologia e taxonomia de FMA em áreas de restingas (Stürmer e Bellei, 1994; Da Silva et al., 2012 e 2015; Stürmer et al., 2010 e 2013), principalmente após perturbação, o presente item abordará a resposta da ocorrência dos FMA em áreas perturbadas pela introdução de espécies exóticas e pós-queimadas.

Estudos que abrangem a dinâmica microbiana em áreas perturbadas por queimadas são encontrados com maior frequência no Hemisfério Norte, como no Alaska (Allison et al., 2010; Holden et al., 2016), EUA (Horton et al., 1998; Hebel et al., 2009; Reazin et al., 2016), Lituânia (Kutorga et al., 2012; Motiejūnaitė et al., 2014) e México (Aguilar-Fernández et al., 2009) com ênfase na resposta das comunidades microbiana ao efeito da queimada e não à diversidade, principalmente de FMA perante esse tipo de perturbação (Xiang et al., 2015). Porém, há estudos no Hemisfério Sul, em menor número, como os realizados na Argentina (Longo et al., 2014), e no Brasil (Moreira et al., 2006).

Estudos focados na atividade e composição de espécies de FMA em áreas com predomínio de espécies vegetais invasoras são escassos no Brasil, mas são encontrados alguns no Hemisfério Norte, como de Aziz et al. (1995) na Flórida, Hawkes et al. (2006) na Califórnia e no Hemisfério Sul, realizado na África do Sul (Rundel et al., 2014).

Devido à onipresença da associação de FMA a espécies vegetais e sua importância potencial em nível de comunidade vegetal e ecossistema, deve-se levar em consideração sua inclusão em projetos de recuperação de áreas já que a alteração na comunidade fúngica pode potencializar a

redução de espécies vegetais nativas e consequentemente o sucesso invasivo de espécies vegetais exóticas (Hawkes et al., 2006).

### 2.6.1. Fungos micorrízicos arbusculares em área pós-queimada

A intensidade do fogo no solo influencia diretamente à comunidade microbiana, principalmente de fungos, que pode ser definida a partir dos impactos imediatos de um incêndio no ambiente físico (Holden et al., 2016). Os distúrbios do fogo afetam os microrganismos de forma direta, com a remoção de táxons sensíveis ao fogo e predomínio de táxons resistentes (Reazin et al., 2016) e de forma indireta, por meio da resposta das espécies vegetais, como a alteração no fluxo de fotossintatos e nos atributos químicos do solo (Neary et al., 1999; Certini, 2005; Xiang et al., 2015).

Em área atingida por incêndios mais intensos, as comunidades de FMA e basidiomicetos tendem a ser eliminados mais rapidamente do que outros grupos funcionais e filós (Holden et al., 2016; Reazin et al., 2016) e há a ocorrência de volatilização de nutrientes do solo (Neary et al., 1999) como o N, mas também de P, S, Na, Mg e Ca, contudo, para a volatilização desses cinco últimos nutrientes a temperatura deve ser maior que 500°C (Weast, 1988).

A tolerância a algumas situações em que as comunidades fúngicas são submetidas, por exemplo, mudanças nas condições ambientais e fluxo temporal ou espacial do C proveniente das espécies vegetais, podem selecionar características resilientes, bem como a capacidade de colonização dos propágulos, em especial de micélios externos e raízes colonizadas ao compará-los com esporos (Lekberg et al., 2012). A redução na porcentagem de colonização radicular por FMA em áreas pós-queimada, pode ser atribuída à eliminação desses microrganismos simbióticos (Hebel et al., 2009). Assim, a influência do fogo na comunidade micorrízica arbuscular está diretamente relacionada à capacidade dos propágulos presentes no solo de se propagarem após esse tipo de distúrbio.

Dentre muitos benefícios dos FMA, sua capacidade de acumulação de C em longo prazo no solo (Clemmensen et al., 2013) é afetada negativamente e se submetidos a temperaturas elevadas, como no caso de incêndios severos, há redução em sua comunidade e diminuição na taxa de acúmulo de C no solo (Holden et al., 2016). Contudo, a resistência da comunidade fúngica ao aquecimento gerado pela queimada pode ocorrer dentro de uma década após a ocorrência do incêndio (Allison et al., 2010).



Ao estudar o comportamento das comunidades de FMA em florestas pós-queimada, Xiang et al. (2015) observaram a capacidade resiliente dessas comunidades a incêndios florestais com dependência da revegetação de sub-bosque e da recuperação das propriedades químicas do solo. Ao avaliar a resposta das famílias de FMA a tais condições, esses autores constataram que a abundância de Diversisporaceae é reduzida com a presença de fogo, enquanto há aumento de Acaulosporaceae durante o primeiro ano de recuperação das áreas, embora tenha sido constatada redução na riqueza de espécies após um ano da queimada. Decorridos 11 anos do incêndio, os níveis de abundância se assemelharam e Glomeraceae e Claroideoglomeraceae não sofreram efeito significativo do fogo (Xiang et al., 2015). Há estudo que demonstra que membros da família Gigasporaceae caracterizam-se pela alta competitividade, mas sensibilidade a perturbações (Souza et al., 2005) e espécies de Glomeraceae podem se comportar distintamente em condição de perturbação, como oportunistas ou tolerantes (Ijdo et al., 2010).

A recuperação da taxa de FMA suscetíveis a perturbações após o primeiro ano pós-queimada pode proceder da germinação de esporos inativos *in situ* ou pela dispersão de florestas próximas que não sofreram ação do fogo (Xiang et al., 2015), o que sugere a presença de um “banco de sementes microbiano” local (Lekberg et al., 2012). O efeito do fogo na microbiota edáfica não afeta drasticamente a composição micorrízica arbuscular se os propágulos presentes nessas áreas perturbadas forem suficientes para permitir a recuperação da comunidade (Moreira et al., 2006), não necessitando da utilização de propágulos de áreas adjacentes (Lekberg et al., 2012). Além disso, deve-se levar em consideração a condutividade térmica do solo ao avaliar os efeitos do fogo sobre a dinâmica desses fungos (Aguilar-Fernández et al., 2009).

A presença de áreas naturais não impactadas próximas àquelas impactadas, com comunidades vegetais e microbianas preservadas promovem a recuperação das áreas queimadas, o que tange a recuperação, principalmente da comunidade de FMA. Isso demonstra a importância da preservação de áreas naturais para a recuperação de áreas degradadas. Esse fato é ainda mais relevante ao levar em consideração ambiente de restinga, pelo fato de sua fragilidade e importância ecológica.

#### 2.6.2. Fungos micorrízicos arbusculares em área com espécies exóticas invasoras

A composição florística local interfere na dinâmica dos organismos em sua rizosfera, e em contrapartida, a biota da rizosfera afeta

a comunidade vegetal (Reinhart e Callaway, 2006). Os organismos edáficos, especialmente os FMA, são importantes na adaptação individual das plantas, na composição da comunidade e nos processos ecossistêmicos. Assim, alterações na comunidade microbiana causada pela presença de espécies exóticas podem ser compreendidas como um mecanismo utilizado pelas plantas para o sucesso da invasão (Hawkes et al., 2006). A alteração na comunidade de FMA com sua redução pode ter como consequência o aumento na presença de fungos saprófitos ou patogênicos, com influência na transferência de nutrientes do solo para as plantas e aumento da capacidade de decomposição dos resíduos encontrados na área (Hawkes et al., 2006).

A dinâmica na biota do solo com a introdução de espécies exóticas é explicada por Klironomos (2003) dividido em duas fases. A primeira fase compreende a geração de comunidades microbianas hospedeiras específicas, e conseqüentemente o favorecimento no estabelecimento e desenvolvimento da espécie introduzida, além de permitir a interação entre comunidade do solo e planta. A segunda etapa refere-se à presença ou introdução de espécies de plantas diferentes daquela introduzida anteriormente, em que as mesmas crescerão em um solo heteroespecífico, ou seja, solo pré-condicionado para o desenvolvimento de outras espécies, o que acarretará em um *feedback* negativo. A presença de espécies exóticas, capazes de fornecer mais C aos fungos e ao solo, possibilitará maior competitividade dos FMA (Hawkes et al., 2006), além de aumentar a presença de fungos não micorrízicos, por exemplo, saprófitos generalistas, uma vez que serão adicionados ao solo exsudatos e insumos de serapilheira (Belnap e Philips, 2001). Ainda assim, pode haver maior produção de biomassa de raízes da planta exótica, e conseqüentemente redução de colonização radicular de espécies nativas (Hawkes et al., 2006).

A substituição da vegetação interfere diretamente na composição das espécies de FMA, bem como em sua atividade (Johnson et al., 1992; Hebel et al., 2009). Isso ocorre, por exemplo, pelas raízes vegetais exsudarem substâncias que podem regular populações de fungos, principalmente, de FMA, e, portanto, à seleção da associação fungo-planta (Johnson et al., 1992).

Em áreas naturais com predomínio de espécies vegetais colonizadas por FMA em que há introdução de espécies vegetais colonizadas por ECM, como àquelas pertencentes a família Pinaceae, ocasiona influência na abundância (Cumming e Kelly, 2007) e composição da comunidade de FMA (Remigi et al., 2008). Além disso, essa introdução acarreta redução na comunidade vegetal, como observado

em Florestas na África do Sul, e a interrupção do ciclo de regeneração de espécies nativas (Rundel et al., 2014).

Duas hipóteses têm sido estudadas referentes à interação entre espécies vegetais exóticas e comunidade de FMA (Bunn et al., 2015), a do mutualismo degradado (Vogelsang e Bever, 2009) e do mutualismo reforçado (Reinhart e Callaway, 2006).

A hipótese do mutualismo degradado é defendida por Vogelsang e Bever (2009) e baseia-se no pressuposto da não formação de micorriza arbuscular na espécie invasora ou a baixa colonização por FMA. Esses autores asseguram que os benefícios desta associação são inferiores aos comparados às espécies nativas. E as espécies nativas que são dependentes da associação com FMA teriam essa associação inibida na presença de espécies exóticas.

Defendida por Reinhart e Callaway (2006), a hipótese do mutualismo reforçado é baseado no fato das espécies exóticas possibilitarem que espécies nativas se associem a mutualistas mais eficientes. Esta hipótese não foi avaliada para FMA, mas há estudos em que evidenciam que espécies exóticas são mais beneficiadas na presença de FMA em relação a espécies nativas (Bunn et al., 2015).

Para confrontar as duas hipóteses, Bunn et al. (2015) sugerem que as plantas invasoras são capazes de apresentar a mesma variabilidade em suas associações com FMA que as espécies nativas. Para tal, os autores se basearam na identidade do grupo funcional da planta, que o sugere como melhor preditor de associação fúngicas do que o estado invasivo da planta. Essa hipótese originou-se após um estudo da compilação de dados referentes à interação espécies vegetais exóticas, FMA e espécies vegetais nativas. Nesse estudo, esses autores observaram que ambas as espécies vegetais não responderam diferentemente ao grau de colonização, crescimento médio de FMA ou à comunidade de FMA. Porém eles observaram que a presença de espécies vegetais invasoras não seleciona uma mudança direcional na associação, mas que se pode levar em consideração a conformidade das invasoras de se adequarem a ambas as hipóteses. Além disso, os autores ressaltam que a alteração da comunidade de FMA baseia-se nas características dos grupos funcionais vegetais.

Ao estudar a influência de ECM em *Acacia holosericea* (Fabaceae), na funcionalidade do solo microbiano e estrutura da comunidade micorrízica arbuscular, Remigi et al. (2008) observaram que a introdução de espécies exóticas pode causar mudanças expressivas na microbiota do solo, e conseqüentemente na estrutura e funcionalidade das comunidades microbianas. Esses autores observaram que houve aumento

no crescimento de *A. holosericea* inoculada com ECM, incremento nos teores de N total, C e P solúvel do solo, e promoção da multiplicação de uma espécie fúngica pertencente ao gênero *Glomus*, e conseqüentemente alteração na regularidade das espécies da comunidade de FMA.

Em estudo realizado por Aziz et al. (1995) em área com invasão de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae) na Flórida, os autores observaram que o número de esporos de propágulos de FMA foi alterado e que houve redução na colonização micorrízica nessas áreas. Hawkes et al. (2006) em estudo realizado com presença de gramíneas exóticas na Califórnia (USA), observaram que sua presença alterou a riqueza de FMA nas raízes das plantas nativas e a composição das comunidades de FMA.

Estudos direcionados à identificação das espécies de FMA associadas a áreas de dunas naturais e impactadas são importantes, especialmente se o objetivo for de manejar e/ou conservar esse ambiente. Além de possibilitar a indicação de espécies potenciais para programas de recuperação de áreas degradadas e compreender os mecanismos utilizados pelas espécies vegetais e fungos para coexistirem e se desenvolverem nesse ecossistema frágil e pobre em nutrientes.

### 3. OBJETIVO

#### 3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a associação micorrízica arbuscular em *Gaylussacia brasiliensis* e a composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de restinga com e sem perturbação na Ilha de Santa Catarina.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a colonização micorrízica em *Gaylussacia brasiliensis* em áreas de restinga com e sem perturbação.

Caracterizar a riqueza e a frequência de ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares presentes em área de restinga com e sem perturbação na Ilha de Santa Catarina.

Relacionar os atributos químicos do solo à ocorrência de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de restinga com e sem perturbação sob *Gaylussacia brasiliensis*.

### 4. HIPÓTESES

*Gaylussacia brasiliensis* encontrada em área de restinga associa-se a fungos micorrízicos arbusculares como estratégia de aquisição de nutrientes do solo não disponíveis às plantas.

Perturbações ambientais, como queimada e presença de espécies vegetais exóticas, influenciam a composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de restinga.

Variáveis químicas do solo influenciam a distribuição de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de restinga com e sem perturbações.



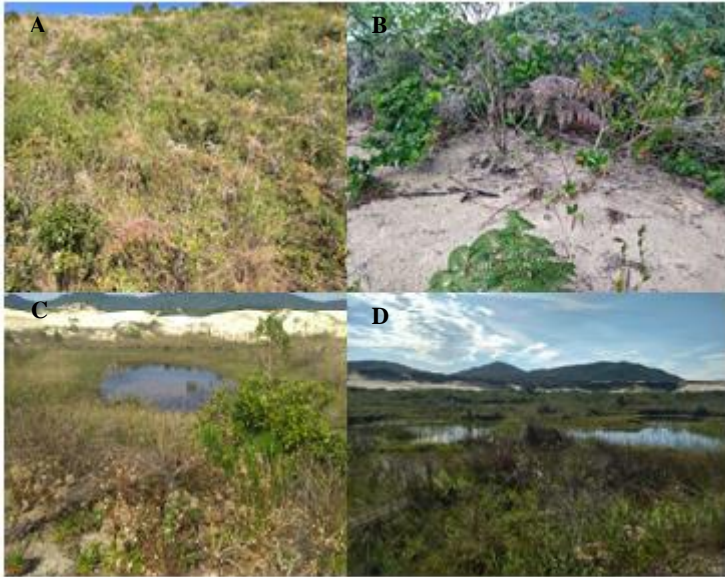
## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC), unidade de conservação localizada no litoral leste da Ilha de Santa Catarina, em Florianópolis, região Sul do Brasil. Situado entre as latitudes 27°36' S – 27°38' S e longitudes 48°26' W – 48°27' W (Guimarães, 2006), apresenta a classificação climática regional segundo Köppen do tipo Cfa (subtropical úmido, temperatura média no verão de 26°C e no inverno de 16°C, com precipitação bem distribuída durante todo o ano, com verões chuvosos e precipitação média anual de 1.500 mm) (INMET, 2017) e predomínio na área do Neossolo Quartzarênico (Besen, 2017).

O Decreto Municipal nº 231 de 16 de setembro de 1988 dispõe sobre a criação do PMDLC com a finalidade de aproveitar as condições peculiares de sua paisagem natural para a conservação e adequado desenvolvimento de atividades educativas, de lazer e recreação (CECCA, 1997). Além disso, protege uma área costeira de dunas, parte dos extensos domínios da Mata Atlântica na região Sul do Brasil (Dechoum et al., 2018). O parque abriga diferentes fitofisionomias (Guimarães, 2006), formações de dunas (Falkenberg, 1998) e perturbações (Guimarães, 2006; Dechoum et al., 2018).

A heterogeneidade encontrada no PMDLC relacionada, principalmente à vegetação instigou a realização do presente estudo nas seguintes áreas: área em regeneração após queimada (AQ), três anos após o fato; área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP); área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com *G. brasiliensis* distribuídas aleatoriamente (AB) (Figura 3). Em todas as áreas há presença de *G. brasiliensis*.



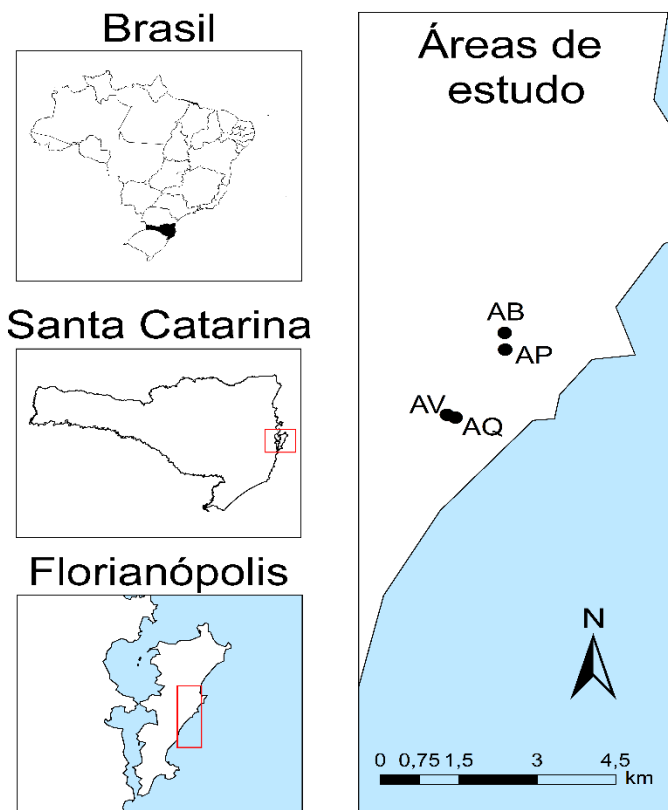
**Figura 3.** Áreas de estudo com ocorrência de *Gaylussacia brasiliensis* no PMDLC. A) Área em regeneração após queimada (AQ). B) Área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV). C) Área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP). D) Área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB). Fonte: Elaborado pela autora.

Estudo de identificação da vegetação realizado por Guimarães (2006) no PMDLC, compreendeu as áreas de coleta AP e AB, tendo sido identificado o predomínio de *Blechnum serrulatum* Rich (Blechnaceae), *Polypodium lepidopteris* (Langsdorff & Fischer) Kunze (Polypodiaceae), *Centella asiatica* (L.) Urban (Apiaceae), *Baccharis radicans* DC, *Eupatorium betoniciforme* (DC.) Baker, *Eupatorium casarettoi* (B. L. Rob.) Steyerl, *Noticastrum malmei* Zardini, *Porophyllum ruderale* (Jacquin) Cassini, *Pterocaulon angustifolium* DC. e *Vernonia flexuosa* Sims (Asteraceae), *Androtrichum trigynum* (Sprengel) H. Pfeiff. e *Remirea maritima* Aublet (Cyperaceae), *Drosera brevifolia* Pursh e *Drosera capillaris* Poir. (Droseraceae), *Gaylussacia brasiliensis* (Sprengel) Meisn (Ericaceae), *Paepalanthus polyanthus* (Bong.) Kunth (Eriocaulaceae), *Desmodium adscendens* (Sw.) DC., *Desmodium barbatum* (L.) Benth. e *Stylosanthes viscosa* (L.) Sw. (Fabaceae), *Acisanthera alsinifolia* (DC.) Triana e *Tibouchina urvilleana* (DC.) Cogn. (Melastomataceae), *Epidendrum fulgens* Brongn. (Orchidaceae), *Andropogon selloanus* (Hack.) Hack., *Ischaemum minus* J. Presl,



*Paspalum arenarium* Schrad., *Paspalum nicorae* Parodi e *Spartina ciliata* Brongn. (Poaceae), *Dodonaea viscosa* Jacquin (Sapindaceae), *Smilax campestris* Griseb. (Smilacaceae) e *Vitex megapotamica* (Sprengel) Moldenke (Verbenaceae). No entanto, não consta na literatura estudo de identificação nas áreas AQ e AV.

As áreas AQ e AV localizam-se em uma área de duna vegetada com acesso pela Avenida Osni Ortiga. Enquanto as áreas AP e AB em uma área de baixada com formação de lagoas intermitentes, com acesso pela Avenida das Rendeiras (Figura 4).



**Figura 4.** Mapa com a localização dos pontos de coleta no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, contemplando as áreas em recuperação pós-queimada (AQ), área vegetada com distribuição adensada de *G. brasiliensis* sob dunas móveis (AV), área de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) e área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP). Fonte: Elaborado pela autora.

As áreas de coleta foram marcadas com o auxílio de um GPS de navegação (Tabela 1). Não foi realizada a demarcação dos indivíduos coletados pela razão dos mesmos terem sido coletados em sua totalidade, o que consistiu na retirada dos indivíduos.

**Tabela 1.** Demarcação das áreas de estudo no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, sendo contemplado as áreas em recuperação pós-queimada (AQ), área vegetada com distribuição adensada de *G. brasiliensis* sob dunas móveis (AV), área de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) e área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP) com suas respectivas latitudes e longitudes.

Área	Latitude	Longitude
AQ	27° 37' 48,13" S	48° 27' 46,94" O
AV	27° 37' 46,58" S	48° 27' 52,23" O
AP	27° 36' 58,78" S	48° 27' 16,14" O
AB	27° 36' 46,58" S	48° 27' 16,50" O

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a realização deste estudo foram necessárias obtenção de autorizações de órgãos municipais e federais e também a realização de um cadastro de acesso ao patrimônio genético por meio da plataforma *online* do SisGen (Anexo A). Foram obtidas autorizações do SISBIO para coleta de material botânico e fúngico (Anexo B) e da FLORAM, para a realização da pesquisa no PMDLC (Anexo C).

## 5.2. COLETAS À CAMPO

Em cada área de estudo, foram identificados aleatoriamente dez indivíduos de *G. brasiliensis* em floração e então, foram realizadas coletas de raiz e solo próximo às mesmas. As coletas à campo foram realizadas em novembro de 2017, durante a primavera, contemplando material solo e raiz e em janeiro de 2019, no verão, sendo nesta amostrado apenas raiz. No ano de 2019 só foi possível realizar a coleta de raiz em AP e AB, pelo fato das áreas AQ e AV terem sido perturbadas, novamente, por um incêndio em outubro de 2018 (Figura 5).



**Figura 5.** Áreas queimadas no PMDLC em outubro de 2018. A) Área em regeneração após queimada (AQ). B) Área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV). Fonte: Elaborado pela autora.

A coleta de solo foi realizada na camada 0-15 cm com o auxílio de uma pá, e as raízes foram coletadas dos indivíduos selecionados, em sua totalidade, ou seja, foi coletada a raiz principal do indivíduo, nas quais estavam presentes as raízes estruturais e finas. O solo coletado em cada ponto amostral foi dividido em dois sacos plásticos, sendo um destinado às avaliações dos atributos químicos e outro à extração e identificação de esporos de FMA. As raízes foram cortadas com o auxílio de uma tesoura de poda, sendo recordadas apenas as raízes principais, permanecendo unidas as raízes estruturais e finas.

Os materiais, solo e raízes, coletados destinados à avaliação da comunidade de FMA e colonização micorrízica foram armazenados, separadamente, em sacos plásticos previamente identificados e transportados dentro de caixas de isopor com gelo até a UFSC, onde foram armazenados a 4°C até seu processamento. As amostras destinadas à avaliação química foram secas em estufa com circulação forçada a 60°C e posteriormente foi realizada a caracterização dos atributos químicos.

### 5.3. AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS

Amostras de solo coletadas a campo, após secagem, foram submetidas à caracterização dos atributos químicos (Tabela 2), conforme metodologias propostas por Tedesco et al., (1995).

**Tabela 2.** Variáveis químicas do solo em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil.

Variáveis químicas	ÁREAS DE DUNAS			
	AQ	AV	AB	AP
pH-H <sub>2</sub> O	4.9a <sup>(1)</sup>	4.7ab	4.7ab	4.6b
K <sup>+</sup> resina (mg dm <sup>-3</sup> )	8.9a	6.3a	7.4a	6.5a
P resina (mg kg <sup>-1</sup> )	2.4a	1.1b	1.4b	1.4b
Ca <sup>2+</sup> trocável (cmol <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> )	0.7a	0.7a	0.7a	0.7a
K <sup>+</sup> trocável (mg dm <sup>-3</sup> )	18.2a	13.2b	14.0ab	15.0ab
Na <sup>+</sup> trocável (mg dm <sup>-3</sup> )	6.4a	6.0a	6.0a	6.7a
MOS (%)	2,7a	1,9b	1,2c	1,5bc
Nt (%)	0,04a	0,03a	0,03a	0,03a

(1) Valores seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). K resina = potássio extraído por resina; P resina = fósforo extraído por resina; Nt = nitrogênio total; MOS = matéria orgânica do solo.

Fonte: Elaborado pela autora.

As determinações realizadas foram: pH do solo em água (1:1); teores de potássio (K<sup>+</sup>) e sódio (Na<sup>+</sup>) disponíveis, extraídos por Mehlich 1 determinados em fotômetro de chama. Cálcio disponível (Ca<sup>2+</sup>) foi extraído por cloreto de potássio (KCl) 1 mol L<sup>-1</sup> e quantificado em espectrofotômetro de absorção atômica. E o teor de nitrogênio total do solo (Nt) foi determinado pelo método de Kjeldahl.

O P absorvível foi estimado pelo método de resina de troca aniônica com coloração em molibdato de amônio e solução redutora P-C (ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfônico, sulfito de sódio e metabissulfito de sódio), com leituras em espectrômetro UV-visível. O K absorvível foi estimado pelo método de resina de troca catiônica, com leitura em fotômetro de chama.

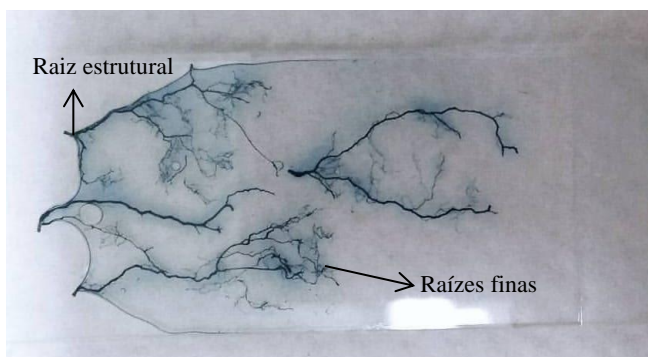
Foram determinados também os teores de carbono orgânico total (COT) conforme o método descrito em Embrapa (1997), com adaptações para digestão em bloco digestor (Giroto, 2007). Para a obtenção dos teores de matéria orgânica do solo (MOS), os valores de COT foram multiplicados por 1,724 (fator de van Bemmelen), que leva em consideração uma taxa de 58% de C presente na MOS.

#### 5.4. DETERMINAÇÃO DA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR

Para a determinação da colonização micorrízica arbuscular em *G. brasiliensis*, as raízes foram submetidas ao processo de lavagem para retirada do excesso de solo e outros materiais, como raízes de espécies coexistindo, aderidos. Esse processo foi realizado com cuidado e sobre uma peneira para impedir a perda das raízes finas. Posteriormente, as raízes foram colocadas em cassetes histológicos devidamente identificados. Nesta etapa foi realizada a retirada das raízes estruturais da raiz principal. Salienta-se que a remoção destas não ocasionou a separação das raízes estruturais e finas, ou seja, as mesmas permaneceram unidas (Figura 6).

Para descolori-las foi utilizada a metodologia descrita por Kaminskyj (2008). As raízes foram clareadas em solução de água destilada, peróxido de hidrogênio (37%) e hidróxido de amônio (28%) (8:1:1) durante 30 minutos a temperatura ambiente com agitação, até atingir coloração creme clara. Depois de clarificadas, foram lavadas com água destilada para a retirada do excesso da solução utilizada. A coloração das raízes foi realizada com fucsina ácida (0,05%) em ácido láctico (85%) durante uma noite, no escuro e em temperatura ambiente. Após, as raízes foram lavadas em solução 1:1:1 de água destilada; ácido láctico (85%) e glicerol (100%).

Findado o processo de coloração, foi realizada a montagem em lâminas (Figura 6) com polivinil-lactoglicerol – PVLG (1,66g de álcool polivinil, 10 mL de água destilada, 10 mL de ácido láctico, 1 mL de glicerina) para sua fixação e foi aplicada uma lamínula. As lâminas prontas foram secas em estufa a 40°C por dois dias para seu endurecimento e posteriormente, armazenadas em caixas apropriadas para o armazenamento de lâminas até a avaliação da colonização.



**Figura 6.** Lâmina de raiz de *Gaylussacia brasiliensis* para determinação de colonização micorrízica arbuscular. Fonte: Elaborado pela autora.

A porcentagem de colonização foi realizada pelo método de interseção em lâmina (McGonigle et al., 1990). Raízes estruturais e finas coradas foram colocadas sobre lâminas de microscópio com PVLG e cobertas com lamínula. Foram examinadas 100 interseções, com observação da presença/ausência de estruturas típicas formadas por FMA (hifas, arbúsculos e vesículas). O cálculo da porcentagem de colonização foi realizado com base na seguinte fórmula:

$$\text{Col. (\%)} = \frac{\text{n}^\circ \text{ total de segmentos racidulares colonizados}}{\text{n}^\circ \text{ total de segmentos racidulares observados}} \times 100$$

## 5.5. CULTURA ARMADILHA

A montagem das culturas armadilhas seguiu o método descrito por Morton et al. (1993) com modificações. Cada vaso plástico destinado à cultura armadilha foi composto por duas amostras de solo das mesmas áreas de estudo, em que foram homogeneizadas, totalizando 20 unidades amostrais, cinco de cada área.

As culturas armadilhas foram conduzidas por quatro meses em ambiente fechado, com temperatura (24°C) e luminosidade controlada (Fitotron). Foi utilizado como planta isca *Brachiaria decumbens*. Para a semeadura, as sementes foram desinfestadas com hipoclorito de sódio (NaCl) 2,5% por um minuto e lavadas com água destilada.

Em cada vaso plástico com capacidade de 2 litros, foi adicionado solo das áreas de restinga contendo inóculo nativo homogeneizado com vermiculita, previamente autoclavada (120°C, 45 min, 3 vezes), na proporção 1:1 (vol./vol.). As sementes foram semeadas na superfície, num total de 40 sementes por vaso. O fornecimento de água foi realizado sempre que necessário para manter a umidade do substrato. A cada 15 dias, foram aplicados 40 ml de solução Hoagland e Arnon (1950) por vaso para nutrição suplementar da planta. Pelo fato de a

areia apresentar baixos teores de nutrientes e baixa capacidade de retenção destes no colóide do solo, principalmente de P, foi fornecido P em baixa concentração às plantas misturado aos demais nutrientes desta mesma solução. Aos 75 dias após a implantação foi cessado o fornecimento de água, a fim de estimular a esporulação.

Aos 120 dias foi realizada a coleta das culturas armadilhas para extração e identificação morfológica de esporos de FMA.

## 5.6. EXTRAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO MORFOLÓGICA DE ESPOROS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os esporos foram extraídos de uma subamostra de 50 cm<sup>3</sup> de cada amostra de solo, provenientes das áreas de amostragem e de culturas armadilhas, pelo método do peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963) e centrifugação em sacarose 60%. O sobrenadante foi vertido num conjunto de peneiras de 180, 90 e 45 µm para a primeira separação dos esporos, por tamanho. Todos os esporos foram contados e separados de acordo com a cor.

Foram montadas lâminas permanentes com PVLG e PVLG misturado com o reagente de Melzer (1:1). Após, foram colocadas lamínulas e aplicada uma pressão suave para a exposição das paredes germinativas dos esporos. Na lamínula com a presença da solução de PVLG+Melzer, ao expor as paredes germinativas dos esporos, ocorre uma reação com o reagente a qual foi utilizada para auxiliar na identificação das espécies. As lâminas foram secas a 35 °C, durante 3-4 dias para fixação (Stürmer e Siqueira, 2011).

Para identificação taxonômica das espécies, lâminas de cada morfotipo foram analisadas com apoio da Coleção Internacional de Cultura de *Glomeromycota* (CICG) da Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB). A identificação seguiu descrições morfológicas disponíveis *on-line* na página da INVAM (*International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi*) da West Virginia University, Estados Unidos da América (<http://invam.caf.wvu.edu>) e do Departamento de fitopatologia de plantas da Universidade de Agricultura em Szczecin, Polônia (<http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/index.html>). Após a identificação foram determinadas medidas de riqueza específica das espécies de FMA encontradas.

Todos os morfotipos de esporos de FMA encontrados foram fotografados em microscópio óptico Olympus BX40. As pranchas com os esporos foram montadas no *software* Adobe Photoshop CS6.

## 5.7. MEDIDAS DE RIQUEZA ESPECÍFICA DE ESPÉCIES DE FMA

A abundância de esporos de todas as espécies de FMA em conjunto foi determinada para cada amostra e expressa como o número de esporos de FMA por grama de solo. Após a contagem direta do número de esporos de FMA, foi determinada a frequência de ocorrência (FO), calculada para

as amostras de campo, expressa em porcentagem (%). Foi aplicada a abordagem proposta por Zhang et al. (2004) para classificar as espécies de FMA quanto a sua frequência relativa apenas nas amostras de campo. A frequência relativa foi classificada em dominante (D) ( $FO > 50\%$ ), mais comum (MC) ( $30\% < FO \leq 50\%$ ), comum (C) ( $10\% < FO \leq 30\%$ ) ou rara (R) ( $FO \leq 10\%$ ). O índice de frequência global (IF) foi atribuído para cada espécie a partir da sua classificação de ocorrência com valores de 0,25 a 1,0, para rara a dominante, respectivamente.

## 5.8. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados de atributos químicos do solo, número total de esporos e porcentagem de colonização micorrízica foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e de Bartlett para verificação da homocedasticidades, a fim de verificar se atendiam aos pressupostos da análise de variância (ANOVA). Atendido os pressupostos, os dados foram submetidos à ANOVA e se observado diferença estatística, foram comparados pelo teste de separação de médias Tukey ( $p < 0,05$ ). Foi utilizado o pacote *vegan* do *software* R para realizar estas análises.

Escala multidimensional não-métrica bidimensional (NMDS) e o índice de similaridade de Jaccard para dados de presença-ausência foram empregados para comparar as composições de espécies de fungos em diferentes locais de estudo (Legendre e Legendre, 1998). Análise de semelhança cruzada de duas vias (ANOSIM) foi usada para testar as diferenças nas composições de espécies de FMA resultantes das áreas de restinga com e sem perturbação, removendo em cada caso o efeito do outro. Essas análises foram realizadas no *software* Past 3.1 (Hammer et al., 2001)

Análise de redundância baseada em distância (dbRDA) foi realizada com o objetivo de examinar a influência de variáveis preditores, os atributos químicos do solo, sobre a distribuição das espécies de FMA (Anderson et al., 2008). Essa análise foi realizada utilizando a função *capscale* do pacote *vegan* no *software* R (Oksanen et al., 2016) e com 9999 permutações para avaliação do nível de concordância entre as ordenações.

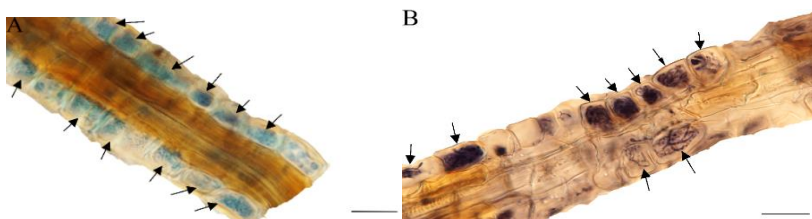
Os gráficos de número de esporos e colonização micorrízica com desvio padrão e erro padrão, respectivamente, foram desenvolvidos no *software* SigmaPlot 12.3. E o gráfico com o número de espécies por área de estudo foi construído no Excel.



## 6. RESULTADOS

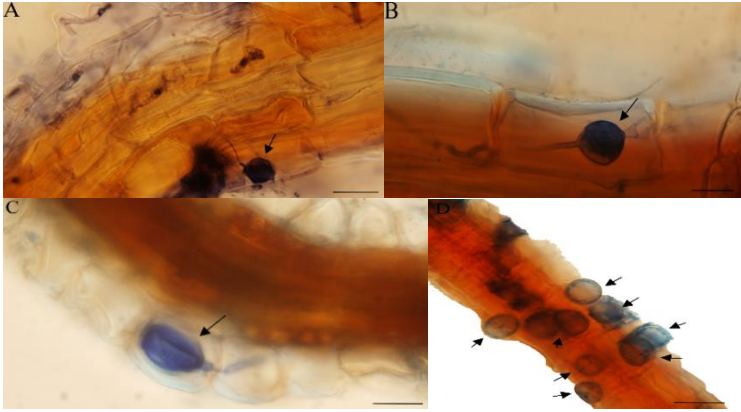
### 6.1. COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR EM RAÍZES DE *Gaylussacia brasiliensis*

No interior das células radiculares das raízes finas de *G. brasiliensis* foi observada presença de hifas intracelulares, de feixes redondos (Figura 7), estrutura típica de colonização micorrízica ericóide. Foi observada também, a presença de hifas extrarradiculares.



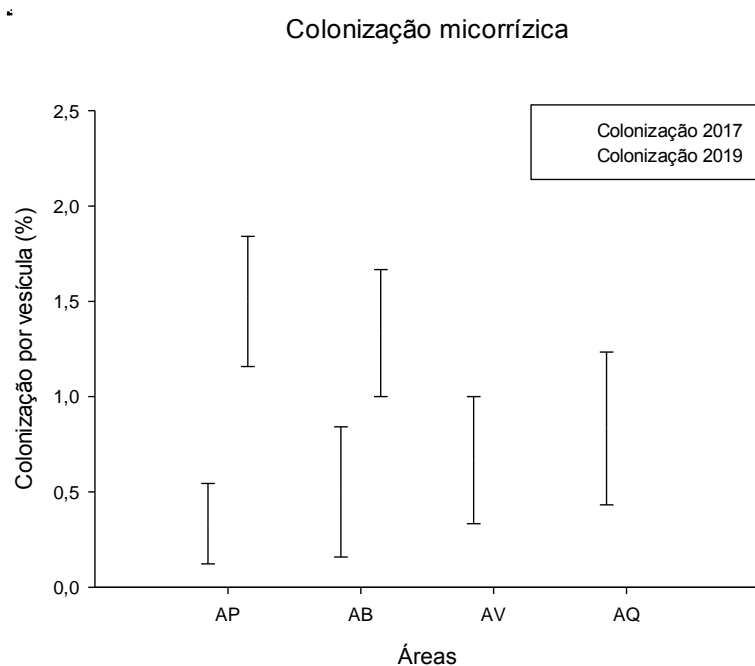
**Figura 7.** Raízes de *Gaylussacia brasiliensis* com presença de colonização intracelular por fungos micorrízicos ericóides (ErM). A) Setas indicando colonização radicular por ErM, com diferentes intensidades de colonização por célula. B) Setas indicando colonização radicular por ErM com hifas de formações distintas. Escala: 20 $\mu$ m. Fonte: Elaborado pela autora.

Nas raízes estruturais a presença de estrutura semelhante à vesícula (Figura 8a, 8b e 8c) foi observada, o que evidencia a possível presença de colonização por FMA. Foi observado estruturas arredondadas no interior das raízes (Figura 8d), no entanto, essas estruturas não apresentavam nenhuma outra estrutura ligada, indicando possível colonização por esporos. Na colonização por FMA em raízes é observada a presença de estruturas como arbúsculos, além da presença de hifas e vesículas, porém, no presente estudo não foram observadas estruturas de arbúsculos.



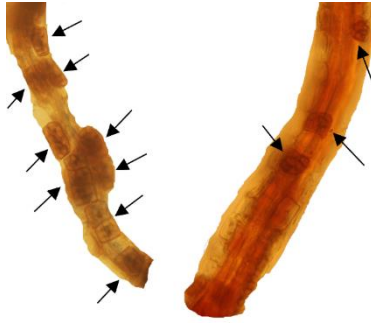
**Figura 8.** Estruturas semelhantes à vesículas e esporos no interior de raízes de *Gaylussacia brasiliensis*. A, B e C) Setas indicando a presença de estruturas semelhantes à vesículas. D) Setas indicando colonização intracelular por corpos redondos. Escala: 20  $\mu$ m. Fonte: Elaborado pela autora.

Na primeira coleta, em novembro/2017, as raízes estruturais apresentaram colonização com presença de vesícula em menor porcentagem que na segunda coleta, janeiro/2019 (Figura 9). Na primeira coleta, não foi observada diferença estatística entre as áreas, porém, observou-se que AB apresentou 0,50% de colonização por vesícula e AP apenas 0,33%, enquanto que AQ apresentou 0,83% e AV 0,67%. AP apresentou maior concentração de vesícula, 1,5% e AB, 1,3% na segunda coleta.



**Figura 9.** Colonização micorrízica arbuscular, por vesícula, em *Gaylussacia brasiliensis* em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil, provenientes de amostras de campo. Gráfico com barra com erro-padrão da média. n=10. Fonte: Elaborado pela autora.

Foi observada também a presença de outro grupo de fungo colonizando as raízes estruturais e finas de *G. brasiliensis* (Figura 10), no entanto, não foi realizada avaliação devido ao foco exclusivamente aos FMA. Ademais, a não realização da avaliação de colonização por hifas se deu pela dificuldade em identificar o campo colonizado por hifas de FMA e de outro grupo de fungo, uma vez que não foi realizada a avaliação de apenas um tipo de raiz, estrutural ou fina. E também, pela coexistência de diferentes fungos nas raízes analisadas.



**Figura 10.** Colonização radicular de *Gaylussacia brasiliensis*. Setas indicando colonização radicular por fungos de coloração amarronzada. Escala: 50  $\mu$ m. Fonte: Elaborado pela autora.

## 6.2. COMUNIDADE DE ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM E SEM PERTURBAÇÃO

No presente estudo foram encontrados 27 morfotipos de esporos de FMA (Apêndice A) em 40 amostras de solo de campo e 20 de culturas armadilhas de todas as áreas avaliadas nas dunas. Dentre estes, 19 foram identificados em nível de espécie, pertencentes a oito gêneros e quatro famílias do filo Glomeromycota (Acaulosporaceae, Ambisporaceae, Gigasporaceae e Glomeraceae) (Tabela 3).

Nas quatro áreas de dunas estudadas, foram encontradas nove espécies pertencentes ao gênero *Acaulospora* (Gerdemann & Trappe) Berch, sete a *Glomus* (Tul. & Tul.), duas a *Dentiscutata* (Sieverd., Souza & Oehl), *Gigaspora* (Gerdemann & Trappe), *Racocetra* (Oehl, Souza & Sieverd.) e *Rhizophagus* (Dang), e uma a *Ambispora*, *Cetraspora* (Oehl) e *Scustelospora* (Tabela 3).

Os gêneros *Glomus* e *Acaulospora* representaram 56% de todas as espécies identificadas. Desses dois gêneros, foram identificadas 12 espécies apenas em AB: *Acaulospora cavernata*, *A. foveata*, *A. mellea*, *A. morrowiae*, *A. tuberculata*, *Acaulospora* sp1 e *Acaulospora* sp2; *Glomus glomerulatum*, *G. microagregatum*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp2 e *Glomus* sp3.

Foram identificadas apenas nas culturas armadilhas seis espécies, *Acaulospora rehmi*, *A. spinosa*, *Dentiscutata* sp1, *Racocetra coralloidea*, *Rhizophagus clarus* e *Rhizophagus* sp1. Exclusivamente nas amostras de campo foram encontradas sete espécies, *A. morrowiae*, *A. tuberculata*,

*Scustellospora* sp1, *Scustellospora weresubiae*, *Dentiscutata heterogama*, *G. constrictum* e *Glomus* sp3.

**Tabela 3.** Frequência relativa e índice de frequência global (IF) de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil, provenientes de amostras de campo. E presença de espécies de FMA encontradas em amostras de cultura armadilha.

ESPÉCIES DE FMA	CAMPOS				IF	CULTURA ARMADILHA			
	AP	AB	AV	AQ		AP	AB	AV	AQ
	Frequência Relativa					Presença de Espécies			
<b>ACAULOSPORACEAE</b>									
<i>Acaulospora cavernata</i> Blaszk.	-	R	-	-	0,25	X	X	-	-
<i>A. foveata</i> Trappe & Janos	MC	MC	D	C	3,00	X	-	X	X
<i>A. mellea</i> Spain & N.C. Schenck	MC	C	D	D	3,25	X	X	X	X
<i>A. morrowiae</i> Spain & N.C. Schenck	MC	C	MC	D	3,00	-	-	-	-
<i>A. rehmi</i> Sieverding & S. Toro	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>A. spinosa</i> C. Walker & Trappe	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<i>A. tuberculata</i> Janos & Trappe	R	R	-	-	0,50	-	-	-	-
<i>Acaulospora</i> sp1.	R	R	C	C	1,50	-	X	-	-
<i>Acaulospora</i> sp2.	-	-	-	-	-	-	-	-	X
<b>GIGASPORACEAE</b>									
<i>Scustellospora weresubiae</i> Koske & C. Walker	R	-	C	-	0,75	-	-	-	-
<i>Scustellospora</i> sp1.	C	C	-	R	1,25	-	-	-	-
<i>Gigaspora albida</i> N.C. Schenck & G.S. Smith	MC	R	C	-	1,50	X	X	X	-
<i>G. decipiens</i> I.R. Hall & L.K. Abbott	C	C	C	MC	2,25	X	X	X	X
<i>Dentiscutata heterogama</i> T.H. (Nicolson & Gerd.) Sieverd, F.A. Souza & Oehl	-	-	C	-	0,50	-	-	-	-
<i>Dentiscutata</i> sp1.	-	-	-	-	-	-	-	X	-
<i>Cetraspora pellucida</i> (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders	C	-	-	-	0,50	X	X	-	-
<i>Racocetra coralloidea</i> (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverding	-	-	-	-	-	-	X	-	-
<i>R. gregaria</i> (N.C. Schenck & T.H. Nicol.) Oehl, F.A. Souza & Sieverding	R	R	-	-	0,50	-	X	-	-
<b>GLOMERACEAE</b>									
<i>Glomus glomerulatum</i> Sieverd	-	C	D	C	1,50	-	-	-	X
<i>G. microaggregatum</i> Koske, Gemma & P.D. Olexia	MC	C	MC	C	2,00	X	-	X	-
<i>G. constrictum</i> Trappe	-	R	-	-	0,25	-	-	-	-
<i>Glomus</i> sp1.	D	MC	D	D	3,75	X	-	X	X
<i>Glomus</i> sp2.	D	MC	D	D	3,75	X	-	-	X
<i>Glomus</i> sp3.	R	C	MC	C	2,00	-	-	-	-
<i>Rhizophagus clarus</i> (Nicolson & Schenck) C. Walker & A. Schütsler	-	-	-	-	-	X	-	X	-
<i>Rhizophagus</i> sp1.	-	-	-	-	-	X	-	-	-
<b>AMBISPORACEAE</b>									
<i>Ambispora leptoticha</i> (N.C. Schenck & G.S. Sm.) R.J. Bills & J.B. Morton	R	C	R	MC	1,75	-	-	-	X

Siglas referentes à frequência relativa de espécies de FMA - R: Raro; C: Comum; MC: Mais Comum; D: Dominante. IF: Índice de frequência global.

Fonte: Elaborado pela autora.

Nas amostras de campo as espécies que, conforme classificação quanto à frequência de ocorrência (FO), apresentaram-se dominantes (D)

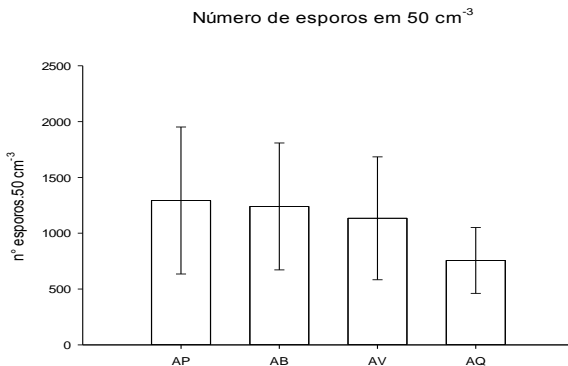
foram *Acaulospora foveata*, *A. mellea*, *A. morrowiae*, *G. decipiens*, *G. microagregatum*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp2 e *Glomus* sp3.

AV apresentou maior número de espécies dominantes, totalizando cinco, *Acaulospora foveata*, *A. mellea*, *Glomus* sp1, *Glomus* sp2 e *Glomus glomerulatum*. Essas espécies foram encontradas em todas as áreas, o que demonstra que mesmo após três anos da perturbação, essas espécies encontraram mecanismos para se desenvolverem em áreas de dunas perturbadas.

Ocorreram nas quatro áreas estudadas nove gêneros, quatro pertencentes à família Acaulosporaceae, quatro Glomeraceae, um Gigasporaceae e um Ambisporaceae.

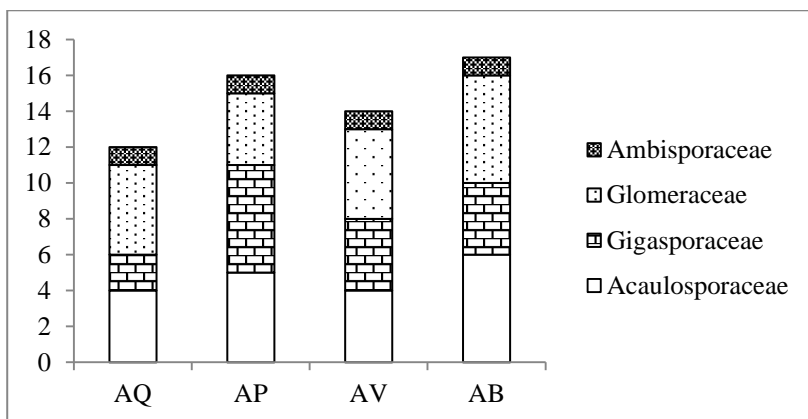
Os maiores valores atribuídos ao índice de frequência global (IF) das espécies nas áreas estudadas foram de 3,0 para *A. morrowiae* e *Glomus* sp2, 3,25 para *A. foveata* e de 3,50 para *A. mellea* e *Glomus* sp1 (Tabela 3). Estes valores evidenciam que essas espécies ocorreram com maior frequência nas áreas estudadas.

O número total médio de esporos encontrados em cada área foi de 1294, 1240, 1134 e 756 esporos em AP, AV, AB e AQ, respectivamente (Figura 11). Não houve diferença significativa no número de esporos entre as áreas avaliadas. Ao identificar os esporos, observou-se que muitos estavam mortos e colonizados por fungos, o que impossibilitou sua identificação e elevou o número de esporos, ou seja, esse valor médio levou em consideração esporos viáveis e não viáveis.



**Figura 11.** Número de esporos encontrados em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Gráfico com barra de desvio padrão da média. n=10. Fonte: Elaborado pela autora.

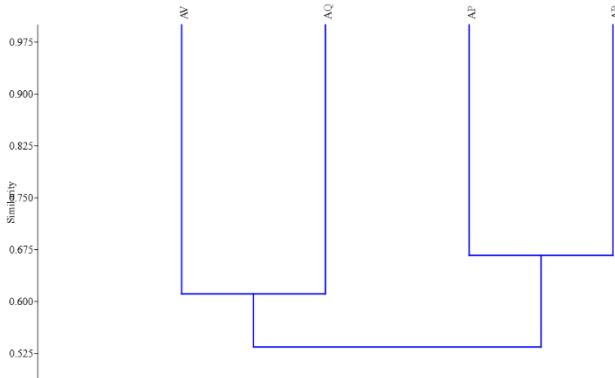
As áreas AP e AB apresentaram maior número de espécies, com 16 e 17, respectivamente, seguidas de AV e AQ com 14 e 12 espécies, respectivamente (Figura 12).



**Figura 12.** Número de espécies de FMA por família taxonômica em em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB), na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora.

A família Acaulosporaceae apresentou quatro espécies em AQ e AV, cinco em AP e seis em AB. A família Gigasporaceae apresentou duas espécies em AQ, quatro em AV e AB e seis em AP. Foram encontradas seis espécies pertencentes à Glomeraceae em AB, cinco em AQ e AV e quatro em AP. Por fim, foi encontrada uma espécie pertencente à família Ambisporaceae em cada uma das áreas avaliadas (Figura 12).

A partir da análise de similaridade entre as comunidades de FMA baseada na diferença de *Jaccard*, constatou-se que as áreas de dunas vegetadas e em regeneração após queimada (AV e AQ) e dunas de baixada e com introdução de *Pinus* spp (AB e AP) se assemelhavam (Figura 13).



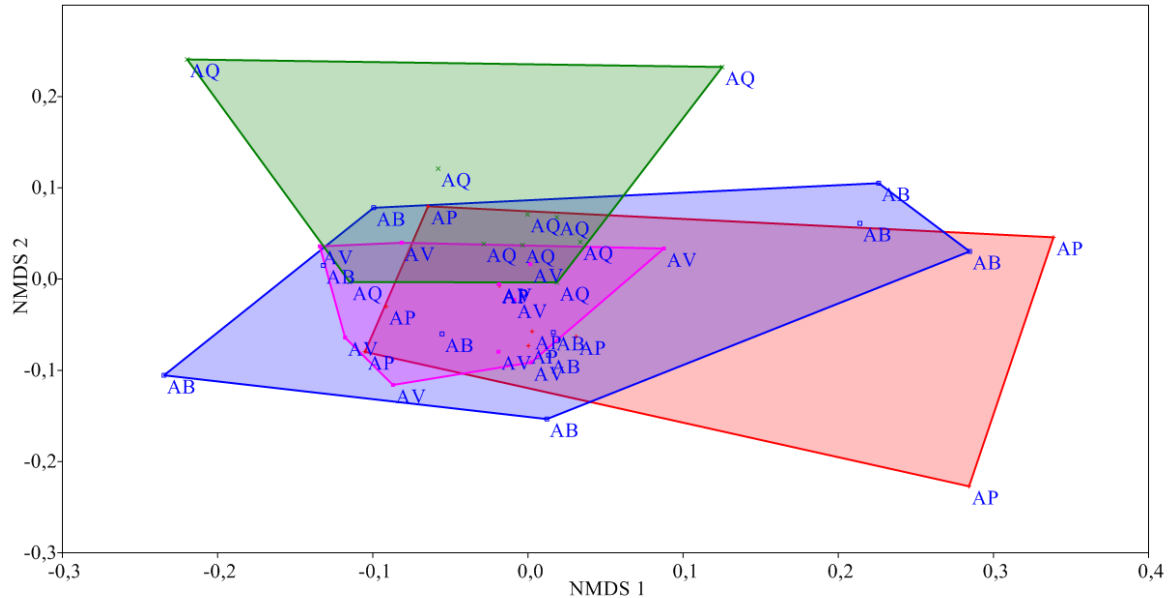
**Figura 13.** Similaridade entre as comunidades de FMA com base na diferença de *Jaccard* em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora.

A semelhança das comunidades de FMA avaliada através da análise não paramétrica (NMDS) com base na diferença de *Jaccard* separou as comunidades em quatro clusters (Figura 14) e apresentou dissimilaridade baseada na análise ANOSIM.

É possível observar que houve similaridade entre as quatro áreas. A maior similaridade ocorreu entre as áreas AV, AB e AP, e a menor, entre AQ e as demais áreas.

A análise de similaridade entre as comunidades de FMA através da análise ANOSIM ( $N = 9999$ ) apresentou valores de  $R = 0,1076$ , o que indica a similaridade entre as áreas com algum grau de discriminação entre elas, e essa similaridade é significativa entre as áreas ( $p = 0,0229$ ).





**Figura 14.** Diagrama de ordenação das áreas e espécies de FMA, produzido pela análise NMDS (escalonamento multidimensional não paramétrico), em área em regeneração após queimada (AQ), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (AP), área natural de duna vegetada com *G. Brasiliensis* adensadas e dunas fixas (AV) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. Brasiliensis* (AB) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora.

### 6.3. INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA COMUNIDADE DE FMA

A similaridade verificada entre as áreas evidenciada pela análise NMDS é notória na figura 15, onde é possível observar co-ocorrência entre as mesmas. A análise de redundância baseada na distância (dbRDA) entre a comunidade de FMA e os atributos químicos do solo ilustra como as espécies de FMA não se encontram agrupadas pelas áreas de dunas e os atributos químicos do solo que mais contribuem para esse agrupamento.

O modelo utilizado na análise dbRDA não apresentou diferença significativa entre as variáveis (Tabela 4). Os dois primeiros eixos da dbRDA explicam 55,4% da relação observada entre as comunidades de FMA e os atributos químicos do solo avaliados nas áreas de dunas (Figura 15). O primeiro eixo está positivamente correlacionado com as variáveis químicas, COT e pH e o segundo eixo com P\_res, COT e pH (Apêndice C).

**Tabela 4.** Dados estatísticos do modelo utilizado na análise dbRDA relacionado aos atributos químicos do solo. DF: Grau de liberdade; SQ: Soma de quadrados; Pseudo-F: proporção do pseudo-F.

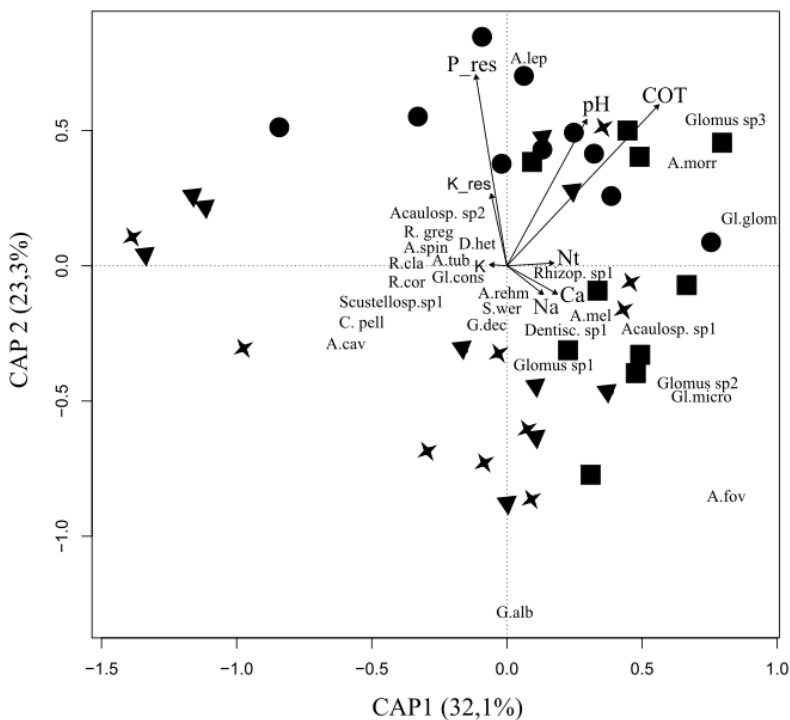
Fontes de variação	Df	SQ	Pseudo-F	P(perm)
Modelo	8	2,04345	1,1299	0,155
Resíduo	31	8,3490	-	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Modelo utilizado:  $\text{dbrda}(\text{formula}=\text{spe1} \sim \text{p} + \text{K\_res} + \text{P\_res} + \text{Ca} + \text{COT} + \text{K} + \text{Na}, \text{data}=\text{qui}, \text{distance}=\text{"jaccard"}, \text{add}=\text{T})$

As espécies de FMA *Acaulospora morrowiae*, *Glomus glomerulatum* e *Glomus* sp3 estão fortemente associadas aos teores de COT e pH. Já *Ambispora leptoticha* está fortemente associada ao teor de P\_res.

É possível observar com a dbRDA que a frequência de muitas espécies de FMA está negativamente relacionada aos atributos químicos do solo, ou seja, sua ocorrência em áreas cujas variáveis estejam em teores baixos, como os encontrados no presente estudo, sua ocorrência é influenciada. As espécies *Acaulospora cavernata*, *Acaulospora rehmi*, *Cetrpora pellucida*, *Gigaspora decipiens*, *Glomus constrictum*, *Racocetra gregária*, *Scutellospora weresubiae* e *Scutellospora* sp1 associam-se negativamente ao COT e pH.



**Figura 15.** Análises de redundância baseada na distância (dbRDA) entre a comunidade de FMA e os atributos químicos (P res, K res, Ca, K, Na e pH) do em área em regeneração após queimada (●), área com introdução de espécie exótica, o gênero *Pinus* (×), área natural de duna vegetada com *G. brasiliensis* adensadas e dunas fixas (▲) e área natural de baixada com distribuição aleatória de *G. brasiliensis* (■) na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A.cav (*Acaulospora cavernata*), A.fov (*Acaulospora foveata*), A.mell (*Acaulospora mellea*), A. morr. (*Acaulospora morrowiae*), A. reh (*Acaulospora rehmi*), A.spin (*Acaulospora spinosa*), A.tuber (*Acaulospora tuberculata*), Acaulosp. sp1 (*Acaulospora* sp1), Acaulosp. sp2 (*Acaulospora* sp2), S.wer (*Scutellospora weresubiae*), Scutellosp. Sp1 (*Scutellospora* sp1), G. alb (*Gigaspora albida*), G. decip (*Gigaspora decipiens*), D. het (*Dentiscutata heterogama*), Dentiscut. sp1 (*Dentiscutata* sp1), C. pell (*Cetraspora pellucida*), R. cora (*Racocetra coralloidea*), R. greg (*Racocetra gregária*), Gl. glom (*Glomus glomerulatum*), Gl. micro (*Glomus microaggregatum*), Gl. const. (*Glomus constrictum*), *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, R. cla (*Rhizophagus clarus*), Rhizop. sp1 (*Rhizophagus* sp1), A. lept (*Ambispora leptoticha*), Ca (Cálcio), K (Potássio), K\_res (Potássio resina), Na (Sódio), P\_res (Fósforo resina), pH (potencial hidrogeniônico).

Os resultados obtidos da análise dbRDA indicam como variável significativa apenas o COT ( $F=2,0374$ ,  $p<0,01$ ) (Tabela 5). Esta variável explica 49% e 52% desta variabilidade nos eixos 1 e 2 respectivamente (Apêndice B). Os eixos, através da análise PERMANOVA não apresentaram significância quanto ao modelo utilizado pelo comando *capscale* (Tabela 5).

**Tabela 5.** PERMANOVA baseada na matriz de similaridade de Jaccard, aplicada aos atributos químicos do solo para as áreas amostras e aos eixos da dbRDA. Df= grau de liberdade, SQ: soma de quadrados, Pseudo-F: proporção do Pseudo-F. Valor de p em negrito indica significância estatística ( $p<0,01$ ).

Fontes de variação	Df	SQ	Pseudo-F	P(perm)
<b>Variáveis Química</b>				
pH	1	0,2538	1,2033	0,265
K_res	1	0,1683	0,7978	0,665
P_res	1	0,2981	1,4133	0,151
Ca	1	0,0998	0,4733	0,958
COT	1	0,4298	2,0374	<b>0,026</b>
K	1	0,2054	0,9738	0,476
Na	1	0,3022	1,4327	0,121
Nt	1	0,2180	1,0334	0,386
<b>Eixos</b>				
CAP1	1	0,6340	3,0057	0,263
CAP2	1	0,4597	2,1792	0,636
CAP3	1	0,3406	1,6149	0,897
CAP4	1	0,1784	0,8456	1,000
CAP5	1	0,1568	0,7432	1,000
CAP6	1	0,1165	0,5522	1,000
CAP7	1	0,0626	0,2969	1,000
CAP8	1	0,0269	0,1274	1,000
Resíduo	31	6,5391	-	-

Fonte: Elaborado pela autora.

## 7. DISCUSSÃO

Este trabalho buscou avaliar se indivíduos de *G. brasiliensis* presentes em áreas de restinga se associam a FMA, e não somente a ErM. Outro ponto avaliado referiu-se à composição da comunidade de FMA em amostras de solo próximo às raízes de *G. brasiliensis* em quatro áreas de dunas, duas com e duas sem perturbação. Ambas as avaliações tiveram o objetivo de testar a hipótese de que as perturbações das diferentes áreas de dunas afetam a estrutura das comunidades de FMA e estimulam a formação de micorrizas arbusculares em *G. brasiliensis*.

Este estudo sobre a comunidade de FMA em áreas de dunas com perturbação, principalmente relacionado à pós-queimada e à introdução de espécies exóticas, é pioneiro quanto ao levantamento desses microrganismos do solo. Os estudos realizados nessas áreas apoiam-se principalmente na resposta das comunidades de FMA a variação sazonal e gradientes de vegetação em restingas naturais, sem levar em consideração possíveis perturbações acima do solo, cruciais na dinâmica abaixo do solo. Também há escassez de estudos, principalmente no Brasil, relacionados à comunidade fúngica em raízes de Ericaceae presentes em áreas de dunas, e principalmente, em áreas de dunas perturbadas.

A importância da conservação das áreas costeiras brasileiras com sua vegetação nativa decorre da presença de pontos críticos para a diversidade e conservação, principalmente de FMA (Turrini et al., 2010; Da Silva et al., 2015). Assim, este estudo buscou evidenciar a importância da preservação desse ambiente para a conservação, especialmente após a ocorrência de perturbações nesse ecossistema.

### 7.1. COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA ARBUSCULAR EM RAÍZES DE *Gaylussacia brasiliensis*

As células epidérmicas de raízes finas de *G. brasiliensis* colonizadas não apresentaram estruturas características de colonização por FMA, mas indicativos de colonização por ErM. Besen (2017), ao realizar estudo com *G. brasiliensis* nas mesmas áreas do PMDLC em que se fez a presente pesquisa, não constatou, em dois anos de coleta (2015 e 2016), a presença de estruturas típicas de FMA nas raízes finas. No entanto, observou-se colonização por ErM e fungos endofíticos. Na presente pesquisa, foi observada colonização por outros tipos de fungos, mas que não foram quantificadas em razão do foco dado à colonização por FMA. Resultados semelhantes foram também encontrados por

Bizabani (2015), que não encontrou colonização por FMA nas raízes finas de diferentes espécies de *Erica*, apenas por ErM e fungos de septo preto.

Nas raízes estruturais, foi observada a presença de estruturas semelhantes a vesículas. Essa estrutura é característica de colonização por FMA (Moreira e Siqueira, 2006). Kubota et al. (2001), Urcelay (2002) e Baba et al. (2016) também observaram estruturas que se assemelhavam a vesículas e arbúsculos nas raízes de diâmetros maiores em *Clethra barbinervis*, *Gaultheria poeppigii* e *Vaccinium oldhamii*, respectivamente. No entanto, no presente estudo não foi observada presença de arbúsculos, tendo o trabalho de Bizabani (2015) com resultados semelhantes, corroborando ao presente, uma vez que a autora também não observou a presença de arbúsculos, somente de vesículas e outros fungos colonizando raízes de diferentes espécies de *Erica*. A presença de colonização por FMA apenas nas raízes estruturais é explicada pela anatomia radicular (Kubota et al., 2001). Isso se deve ao fato das raízes finas apresentarem diâmetro menor que 70  $\mu\text{m}$ , serem curtas e de crescimento determinado (Besen, 2017), o que pode representar uma limitação para o estabelecimento de FMA, uma vez que esse tipo de micorriza ocupa volumes maiores das raízes (Smith e Read, 1997).

A presença de estruturas semelhantes a vesículas nas raízes estruturais no presente estudo foi também constatada por Kubota et al. (2001) em estudo com *Clethra barbinervis*, que encontrou colonização por vesículas em 7%, e por Bizabani (2015) com 14% de colonização, sendo estes valores maior que os encontrados no presente trabalho (2,1%), o que caracteriza a colonização por vesículas nas raízes estruturais de *G. brasiliensis* como baixa. As vesículas de FMA são estruturas de armazenamento (Moreira e Siqueira, 2006) ou de dormência, produzidas em resposta a condições ambientais estressantes (Duckmanton e Widden, 1994). Kubota et al. (2001) sugerem que essa baixa produção pode estar associada à ausência de condições ambientais adversas nos locais de estudos. No entanto, as condições edafoclimáticas encontradas em áreas de dunas são estressantes e a associação com FMA pode estar sendo pouco exigida pela planta. Apesar disso, o fungo responde ao estresse na planta com o aumento na produção de órgãos menos exigentes em energia e menos eficientes na troca de nutrientes, com indução na produção de vesículas e estocagem de recursos que serão utilizados no crescimento futuro (Duckmanton e Widden, 1994).

Estrutura circular, sem conexão com as hifas foram observadas nas raízes estruturais de *G. brasiliensis*. Estas estruturas foram identificadas como esporos e também encontrada por Bizabani (2015) ao estudar a

diversidade de fungos radiculares associados a espécies de *Erica* ocorrendo no centro de Albani, na África do Sul.

*G. brasiliensis* no PMDLC está presente em áreas com solos de baixos teores nutricionais e ácidos e em áreas úmidas. Roy-Bolduc et al. (2016) e Kohout (2017) afirmam que a presença de espécies vegetais em áreas como essas, há a associação micorrízica preferencialmente com ErM e com FMA em menor expressividade. Assim, o presente estudo é coerente com os trabalhos citados, ao levar em consideração que as raízes estruturais são colonizadas por FMA, mas com expressividade menor que dos demais grupos fúngicos colonizadores das raízes de *G. brasiliensis*. Diferente das raízes estruturais, as finas de *G. brasiliensis* não são colonizadas por FMA, devido ao seu curto tempo de permanência (Mitchell e Gibson, 2006), sendo colonizadas por ErM. A colonização com FMA está presente em raízes estruturais, mesmo que em níveis baixos, o que indica que a simbiose com FMA é facultativa nesse tipo de ecossistema (Helgason e Fitter, 2009) e também, que essa espécie não perdeu a capacidade de associar-se com FMA (Koske et al., 1990), uma vez que a associação micorrízica arbuscular é uma característica ancestral de micorriza, estabelecida como estratégia desde o surgimento das plantas terrestres (Redecker et al., 2000; Madigan et al., 2016) e tem sido substituída por ErM na evolução das espécies, principalmente de *Erica* (Trappe, 1987).

A presença de estruturas características de FMA nas raízes de *G. brasiliensis* em co-ocorrência a outros grupos de fungos colonizadores de raiz, demonstra que essa espécie não se associa exclusivamente à um único grupo de fungos. Além disso, esse resultado apoia a interpretação de que ancestrais das espécies que hoje formam micorrizas ericóides formavam micorrizas arbusculares, como mecanismo de sobrevivência, mas atualmente em menor intensidade de colonização (Baba et al., 2016).

## 7.2. COMUNIDADE DE ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EM ÁREAS COM E SEM PERTURBAÇÃO

Neste trabalho, espécies dos gêneros *Acaulospora* e *Glomus* totalizaram 56% de todos os táxons de Glomeromycota nesse ambiente de restinga. Esses gêneros têm sido registrados em vários ecossistemas brasileiros naturais (Carrenho et al., 2001; Cordoba et al., 2001; Aidar et al., 2004; Stürmer et al., 2006; Moreira et al., 2007; Jobim e Goto, 2016; Silva et al., 2017) e também em áreas impactadas pelo fogo e pela reintrodução de espécies (Moreira et al., 2006). Além disso, é sugerido que eles apresentem espécies com esporos resistentes aos efeitos

estressantes dos ecossistemas perturbados (Zangaro e Moreira, 2010) e adaptados a diferentes perturbações e características edáficas.

O domínio de Glomeraceae e Gigasporaceae em áreas de dunas é recorrente em todo o mundo, mas Acaulosporaceae, mesmo relatada não é apresentada como dominante (Stürmer et al., 2018). O gênero *Glomus* é caracterizado como adaptado a diferentes ecossistemas, independentemente do tipo de distúrbio (Bhatia et al., 1996). Ele apresenta alta diversidade de espécies e adaptação ecológica (Jobim e Goto, 2016), com alta incidência nas áreas do presente estudo. Esse gênero é também conhecido como ruderal (Chagnon et al., 2013) e FMA com características ruderais são colonizadores de áreas em estágios sucessionais iniciais (De León et al., 2016). No que se refere à Acaulosporaceae, Stürmer et al. (2006) sugerem que essa família é dominante nos estágios iniciais e intermediários de sucessão ecológica. Assim, salienta-se que a ocorrência desses gêneros em áreas de restinga é importante para a colonização e melhoria das condições do solo na adaptação e sobrevivência das espécies vegetais.

Adicionalmente às propriedades químicas e físicas do solo e às características da planta, Bonfim (2011) salienta a importância de considerar a morfologia do esporo. Ao levá-la em consideração, pode-se atribuir a maior ocorrência do gênero *Glomus* em áreas de dunas, com e sem perturbação, a suas características. Seus esporos são pequenos, o que facilita sua dispersão, e de parede externa (parede do esporo) espessa, o que confere maior resistência a estresses e a predadores, além de apresentar alta capacidade reprodutiva (Carrenho et al., 2001). Para inferir sobre a distribuição da comunidade de FMA em ecossistemas, faz-se necessário levar em consideração as propriedades do solo, as características morfológicas dos esporos e as condições edafoclimáticas.

Algumas espécies de FMA encontradas em baixa frequência, como *Cetraspora* spp e *Dentiscutata* spp, segundo Guillén et al (2018) apresentam alguma sensibilidade ao sal e estão associadas a dunas naturais e a vegetações antigas e preservadas. Entretanto, as áreas de ocorrência destas espécies no presente estudo englobam áreas perturbadas e naturais, de vegetações recentes. Assim, a presença delas nesses ambientes é atribuída à conservação das áreas naturais próximas, que contém propágulos de FMA viáveis (Xiang et al., 2015).

Dentro do gênero Acaulospora, as espécies predominantes foram *A. foveata*, *A. mellea* e *A. morrowiae*. Essa ampla distribuição nas áreas de dunas sugere que estas espécies toleram variações nas condições abióticas. De Souza et al. (2010) e Bonfim (2011) observaram que o gênero Acaulospora predomina no ecossistema Mata Atlântica e são



cosmopolitas, corroborando o presente estudo, já que o PMDLC compreende o domínio Mata Atlântica e sua formação florística está diretamente relacionada a tal.

A composição da comunidade de FMA nas áreas com e sem perturbação apresentou-se significativamente similar. Esse fato pode ser explicado pela teoria de tamponamento da comunidade micorrízica proposta por Janos (1980). Essa teoria se baseia na capacidade dos FMA resistirem a mudanças na composição vegetal e a perturbações não intensas. Esse mesmo autor afirma que a mudança na composição vegetal não é o fator determinante na seleção de espécies de FMA, embora o seu favorecimento ocorra de forma indireta, pela alteração nos atributos físico-químicos do solo por distintas espécies de plantas, o que viria a possibilitar a adaptação desses fungos na área. Além disso, existe a facilidade de dispersão desses fungos pelo vento, uma vez que ao carregar partículas de areia, há também o carregamento de propágulos de FMA, com ausência de barreiras ambientais, como a distância geográfica (Kivlin et al., 2014). Ademais, as composições florísticas das áreas são semelhantes, ou seja, há espécies ocorrendo em ambas áreas estudadas (Guimarães, 2006), o que favorece a similaridade da comunidade micorrízica entre as áreas, uma vez que a abundância de esporos e riqueza de espécies de FMA está diretamente relacionada a composição florística (Paula et al., 2009). Outro fator contribuinte à ausência de diferenças entre a composição da comunidade refere-se aos atributos químicos do solo, que segundo Camara et al. (2016) esta variável influencia diretamente a abundância e riqueza de espécies de FMA. Resultados semelhantes, referentes à ausência de diferenças entre comunidades de FMA pelas razões acima levantadas encontram-se nos trabalhos de Trufem et al. (1989), Trufem e Maia (1990), Cordoba et al. (2001) e de Stürmer et al. (2013). Com base nisso, a semelhança das comunidades micorrízicas de ambas as áreas estão diretamente ligadas à capacidade de tamponamento da comunidade micorrízica, facilidade de dispersão de seus propágulos e composição florística semelhante entre as áreas.

Após dois anos da ocorrência de queimada em uma área do presente estudo (AQ) a composição da comunidade e número de esporos de FMA não diferiu da área natural (AV). Korb et al. (2003), ao estudarem a restauração ecológica em uma área de floresta nos EUA, demonstraram que em áreas atingidas por queimadas há o aumento, após dois anos, de propágulos de FMA com o incremento na cobertura vegetal, principalmente com gramíneas e espécies herbáceas, dependentes dessa associação para seu crescimento. Muñhoz-Rojas et al. (2016) também constataram que a composição microbiana é alterada um ano após a

ocorrência de incêndio, assemelhando-se a uma área natural. O presente estudo confirma a hipótese de Janos (1980) e os resultados obtidos por Korb et al. (2003) e Muñhoz-Rojas et al. (2016), já que em ambas as áreas deste estudo foi registrada presença massiva de Poaceae e outros grupos funcionais (Guimarães, 2006). Esses grupos de plantas que se caracterizam por serem compostos de espécies micotróficas podem ter contribuído para o elevado número de esporos encontrados e evidencia o favorecimento de espécies de FMA, como de Glomeraceae e Acaulosporaceae. No presente estudo, não foi observado nenhum efeito no número de esporos, como também constatado por Rashid et al., (1997) e Aguilar-Fernández et al. (2009) em áreas de floresta.

Nas áreas com a presença de *Pinus* (AP) não foi constatada diferenças no número de esporos e composição da comunidade micorrízica quando comparada à área natural (AB) no PMDLC. Resultados contrários foram encontrados por Pinto (2015) ao estudar a estrutura de comunidades microbianas do solo em áreas de restinga preservadas do Parque Estadual do Rio Vermelho (PAERV), em que o autor observou que as comunidades fúngicas presentes em áreas com a presença de *Pinus* spp diferiram das áreas naturais. O estudo citado demonstrou o efeito da introdução de espécies exóticas em ambientes frágeis, que ocasionou a mudanças na diversidade estrutural e funcional das comunidades microbianas. Esse comportamento encontrado no PMDLC, diferente daquele observado no PAERV, pode estar relacionado ao fato da área contaminada com *Pinus* spp no PAERV não ter tido esses indivíduos removidos, de acordo com o determinado pela Lei Municipal 9097/2012 (Santa Catarina, 2012). A remoção dos indivíduos de Pinaceae presentes na área de dunas e a ação de recuperação das áreas possibilitaram a recomposição florística e microbiana do solo, mas essa medida de recuperação, a retirada das espécies exóticas, não foi adotada na área específica do presente estudo.

A abundância de esporos de FMA não diferiu entre as áreas, no entanto, ao avaliar o número de esporos encontrados nas áreas foi possível observar que AQ apresentou menor número que nas demais áreas, e maior em AP. Estudo realizado por Rashid et al. (1997) para avaliar o efeito do fogo sobre o número, viabilidade e reestabelecimento de fungos micorrízicos em áreas acometidas pelo fogo, os resultados desses autores corroboram ao presente estudo, uma vez que observaram redução no número total de esporos em áreas de queimada em relação à área natural, sendo explicado pela morte da vegetação e perda de solo, o que reduz a infectividade dos propágulos fúngicos e a viabilidade dos esporos de FMA. Assim mesmo que a avaliação tenha sido realizada dois anos após

a perturbação, o tempo decorrido do evento foi suficiente para a recuperação da comunidade fúngica (Korb et al., 2003) aliada à presença de propágulos viáveis procedentes de áreas naturais adjacentes (Lekberg et al., 2012) e da composição florística.

Neste estudo não foi encontrada diferença na abundância de esporos de FMA entre AB e AP, ou seja, entre uma área natural com espécies vegetais nativas e outra com indivíduos exóticos e invasores. Bunn et al. (2015) relataram que a abundância de FMA não difere entre espécies vegetais nativas e invasoras, mas está diretamente relacionada à capacidade das plantas invasoras de abrigarem diferentes comunidades de fungos. No presente estudo, observou-se que a presença de *Pinus* spp não alterou positivamente ou negativamente a abundância de esporos, mesmo essa espécie sendo formadora de ECM. Há relatos de que a introdução de espécies colonizadas por ECM em áreas com espécies colonizadas por FMA afeta as funções do ecossistema (Dickie et al., 2014) e reduz a abundância de esporos de FMA (Cumming e Kelly, 2007). Entretanto, isso não foi observado no presente estudo e pode-se atribuir ao fato da área ter sido submetida ao desbaste desses indivíduos exóticos, reduzido seu número e conseqüentemente sua influência no ambiente. Estudo realizado por Gazol et al. (2016) corrobora o presente estudo quanto a recuperação da comunidade de FMA após o desbaste da espécie exótica, que coincidentemente foi por indivíduos de Pinaceae. Assim, pode-se inferir que a retirada dos indivíduos de *Pinus* spp das áreas permitiu que a comunidade de FMA se reestabelecesse, principalmente apoiada à presença de propágulos em áreas naturais conservadas adjacentes.

O número de esporos de FMA encontrados nas áreas estudadas foram maiores que os relatados por Stürmer e Bellei (1994), Cordoba et al. (2001), Stürmer et al. (2013) e Da Silva et al. (2017) em áreas de dunas naturais e perturbadas no Brasil e semelhantes aos encontrados por Camara et al. (2016) em fragmento florestal de restinga periodicamente inundável. Assim, pode-se inferir que o presente estudo apresentou elevado número de esporos de FMA. Esse resultado pode estar atrelado a resposta da comunidade de FMA às perturbações e a situação de estresse. A multiplicação de esporos é um mecanismo do fungo para garantir sua sobrevivência ao ser submetido a estresses abióticos (Moreira et al., 2006). Assim, pode-se afirmar que as perturbações pelo fogo e introdução de espécies exóticas não foram as principais responsáveis pela alteração na abundância relativa de esporos. Dentre outros fatores, estão condições climáticas (Giovannetti, 1985; Moreira et al., 2006, Guillén et al., 2018) ou do ambiente (Scoriza et al., 2016; Guillén et al., 2018) como o tipo de solo (Silva et al., 2017) e teor de água no solo (Roy-Bolduc et al., 2016)

que desencadeiam a esporulação e podem ser utilizados como indicador da sensibilidade desses fungos. Isso indica que as áreas estudadas neste trabalho sofrem influências abióticas que dificultam sua estabilidade e demonstram a importância de sua conservação e preservação.

A esporulação abundante de FMA no solo próximo às raízes de *G. brasiliensis* pode ser explicada como uma estratégia fúngica durante períodos de seca, uma vez que esses fungos podem apresentar dormência e se localizarem longe das raízes do hospedeiro, e reativarem-se após a ocorrência de períodos chuvosos (Teste et al., 2016). O trabalho citado corrobora o presente estudo pelo fato de que a coleta foi realizada após um período chuvoso, antecedido por um período seco. Arelado a isso, durante a primavera é observada maior esporulação de FMA (Giovannetti, 1985; Guillén et al., 2018), estação do ano em que foi realizada a amostragem. Esses fatores indicam que se o objetivo do estudo for encontrar elevada esporulação de FMA em áreas de restingas, o período de coleta ideal deve ser durante a primavera.

A utilização de cultura armadilha como ferramenta complementar na identificação de esporos de FMA favoreceu a multiplicação de seis espécies que não foram encontradas nas amostras de campo. A cultura armadilha é um complemento utilizado para a identificação de esporos de FMA, pode atuar como um filtro e possibilitar a esporulação de espécies de FMA caracterizadas como agressivas e presentes no local coletado, capazes de colonizar e esporular em contato com um hospedeiro de crescimento rápido sob condições artificiais num curto espaço de tempo (Leal et al., 2009). Silva et al., (2015) salientam que o uso de cultura armadilha tem como objetivo a recuperação de espécies de FMA que no momento da coleta não se encontram no estágio de esporulação, ou cujos esporos estavam em números muito baixos. A adição dessa técnica às avaliações de campo para quantificar a diversidade taxonômica das comunidades de fungos é importante, principalmente em ambientes de restinga, pelo fato da diversidade ser originalmente limitada nesse ecossistema em comparação a outros habitats (Stutz et al., 2000).

As espécies de FMA, principalmente aquelas encontradas em dominância, nas áreas de dunas com e sem perturbação são fortes candidatas à inclusão em programas de recuperação de áreas de restinga perturbadas com inoculação em mudas florestais. Isso é possível devido a sua adaptação às condições edáficas e climáticas locais (Bhatia et al., 1996).

### 7.3. INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO NA COMUNIDADE DE FMA

A análise de dbRDA deste estudo demonstrou que as espécies de FMA *Acaulospora morrowiae*, *Glomus glomerulatum* e *Glomus* sp3 estão fortemente associadas aos teores de COT e pH. A ocorrência de espécies das famílias Acaulosporaceae e Gigasporaceae apresenta como limitante o pH mais baixo do solo, o que demonstra sua adaptação a pH entre 4,0 e 6,0, enquanto que as espécies pertencentes a Glomerales são favorecidas em solos com pH entre 6,0 e 8,0 (Stürmer et al., 2006; Stürmer et al., 2018). Apesar de alguns autores relatarem que o pH maior que 6,0 favorece a ocorrência de espécies de *Glomus*, o presente estudo não observou tal comportamento, visto que o pH mais baixo ( $\text{pH} < 5,0$ ) se relacionou com a ocorrência do gênero. A facilitação na ocorrência do gênero *Glomus* em solos com acidez variáveis demonstra sua baixa exigência e adaptação a diferentes condições edáficas. Ainda que o pH dos solos das áreas de estudo se encontrassem na faixa de favorecimento às espécies do gênero *Gigaspora* e *Scutellospora*,  $4,0 < \text{pH} < 6,0$  (Stürmer et al., 2006; Stürmer et al., 2018), estes apresentaram baixa frequência de ocorrência nas áreas, apresentando um IF entre 0,75 e 2,5, o que evidencia baixa adaptação desses gêneros às condições locais.

O predomínio de *A. foveata*, *A. mellea* e *A. morrowiae* em ambas as áreas estudadas pode ser explicado por sua capacidade de competição com as demais espécies (Carrenho et al., 2001) e adaptação ao pH baixo do solo. A distribuição de espécies de FMA favorecidas pela diminuição do pH do solo foram *Scutellospora* sp1, *Scutellospora weresubiae*, *Dentiscutata heterogama*, *Cetraspora pelúcida* e *Racocetra gregária*. Essas espécies devem apresentar mecanismos bioquímicos que permitam que se desenvolvam em solos mais ácidos, tornando-as adaptadas (Bonfim, 2011) e alvo para programas de recuperação de áreas com solos de características química semelhantes às encontradas no presente estudo.

A influência do nitrogênio na composição e riqueza de espécies de FMA é relatada por Egerton-Warburton e Allen (2000), em um estudo com a avaliação da mudança na comunidade micorrízica arbuscular ao longo do gradiente de deposição de nitrogênio antropogênico. As autoras evidenciaram que o enriquecimento de nitrogênio interfere negativamente na diversidade de comunidades de FMA e positivamente na composição e riqueza de espécies, ou seja, há um aumento significativo na composição e riqueza de espécies e redução na diversidade geral da comunidade de FMA. Esse estudo corrobora o presente estudo, pois nas áreas de dunas avaliadas há baixos teores de nitrogênio e grande diversidade de espécies de FMA.

O fato dos teores de COT no solo estarem associado à ocorrência positiva das espécies de FMA pode ser atribuído à influência direta da MOS na proliferação de hifas fúngicas de FMA (John et al., 1983) e na capacidade de mineralização da MOS por esses fungos (Hodge et al., 2001). Em outros termos, em solos com baixos níveis de MOS, as hifas de FMA buscam nutrientes junto a materiais orgânicos em decomposição. Assim, espécies como *A. mellea* e *G. decipiens* tem capacidade de adquirir nutrientes oriundos da decomposição desses materiais.

Os teores de P disponíveis no solo às plantas foram baixos, e segundo dbRDA, influenciaram na presença de espécies como *Ambispora leptoticha*. Esse fato sugere que a adaptação dessa espécie em áreas com os níveis de P baixos dificultam sua esporulação (Paim et al., 2012), já que foi classificada como CM nas áreas em que foi encontrada. Moreira et al. (2012) observaram que em doses crescentes de P há efeitos diferenciados na prevalência de espécies de FMA. É relatado na literatura que sua deficiência no solo afeta a ocorrência de espécies de FMA (Moreira-Souza e Cardoso, 2002), com redução na produção de esporos e riqueza de FMA (Moradi et al., 2017). Tal comportamento não foi observado nas áreas de estudo pelo fato de ambas as áreas terem apresentado baixos teores de P e similaridade na comunidade de FMA.

## 8. CONCLUSÕES

Em áreas de restinga, *Gaylussacia brasiliensis* se associa a fungos micorrízicos arbusculares, mesmo que em baixa incidência e evidencia sua ancestralidade a esse tipo de associação.

A composição da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares apresentou similaridade entre as áreas, evidenciando a importância da presença de áreas naturais com espécies vegetais nativas próximas e a capacidade de dispersão dos esporos de FMA. As espécies dominantes, pertencem às famílias Acaulosporaceae e Glomeraceae nas áreas de restinga com e sem perturbação na Ilha de Santa Catarina foram *Acaulospora foveata*, *A. mellea*, *Glomus glomerulatum*, *Glomus* sp1 e *Glomus* sp2. A dominância dessas espécies demonstra sua adaptação às condições de perturbações e estresses, o que viabiliza sua aplicação em áreas com as condições semelhantes às do presente estudo.

Carbono orgânico total do solo, fósforo disponível às plantas e pH foram os atributos químicos de solo relacionados à distribuição das espécies de FMA em áreas de dunas com e sem perturbação.





## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Este trabalho é um estudo pioneiro em solos de áreas de restingas com perturbação cujo objetivo foi de conhecer a microbiota do solo presente próximo às raízes de *Gaylussacia brasiliensis* e sua capacidade de formar micorriza arbuscular. A presença de estruturas semelhantes àquelas formadas por FMA em raízes de Ericaceae indica a existência de uma relação entre esses fungos e essa família. Contudo, ainda não são claras suas relações, o que demonstra a necessidade da condução de estudos direcionados à inoculação com FMA em espécies de *Gaylussacia*.

Estudos direcionados à compreensão dos mecanismos utilizados pelas espécies vegetais, em especial a *G. brasiliensis*, se fazem importantes para explicar como alterações ambientais e edáficas influenciam no desenvolvimento vegetal. Assim, espera-se que outros trabalhos sejam realizados em solos destas áreas, com esta ou outras espécies vegetais nativas, buscando melhor compreensão da complexidade das estruturas das comunidades microbianas e dos mecanismos desenvolvidos para o estabelecimento nessas áreas. A compreensão das relações ecossistêmicas nesse ambiente é fundamental, principalmente com vistas à preservação do ambiente restinga, que possui papéis ecológicos essenciais.

Além de ser um estudo sobre a comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de restinga com e sem perturbação associado a uma espécie Ericaceae, os resultados desta pesquisa ressaltam a importância da conservação e preservação desse ecossistema e o conhecimento dos diferentes mecanismos utilizados pelas plantas, em especial a *G. brasiliensis* para se estabelecerem em ambientes de restinga.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR-FERNÁNDEZ M., JARAMILLO, V.J., VARELA-FREGOSO, L., GAVITO, M.E. 2009. Short-term consequence of slash-and-burn practices on the arbuscular mycorrhizal fungi of a tropical dry forest. **Mycorrhiza**, 19(3):179-186. doi:10.1007/s00572-009-0229-2.
- AIDAR M.P.M., CARRENHO R., JOLY C.A. 2004. Aspects of arbuscular mycorrhizal fungi in an Atlantic Forest chronosequence in Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP. **Biota Neotropica**, 4(2):1-15. doi:10.1590/S1676-06032004000200005.
- ALLEN E.B., ALLEN M.F. 1984. Competition between plants of different successional stages: mycorrhizae as regulators. **Canadian Journal Botany**, 62(12):2625-2629. doi:10.1139/b84-356.
- ALLISON S.D., McGUIRE, C.L., TRESEDER, K.K. 2010. Resistance of microbial and soil properties to warming treatment seven years after boreal fire. **Soil Biology and Biochemistry**, 42(10):1872-1878. doi:10.1016/j.soilbio.2010.07.011.
- ANDERSON M.J., GORLEY R.N., CLARKE K.R. **Permanova + for PRIMER: Guide to software and statistical methods**. Plymouth: PRIMER-E, 2008.
- ANTÔNIO M. A. **Atividade antitumoral, isolamento e identificação dos princípios ativos da *Gaylussacia brasiliensis* (Spreng.) Meisn. (Ericaceae)**. 2004. 144 f. Tese (Doutorado em Clínica Médica) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas. 2004.
- ARAÚJO D.S.D. 1992. Vegetation types of sandy coastal plains of tropical Brazil: a first approximation. In: U. Seeliger (coord.). **Coastal plant communities of Latin America**. New York, Academic Press, p. 337-347. doi:10.1016/B978-0-08-092567-7.50027-1.
- ARAÚJO F. S., SAMPAIO E.V.S.B., FIGUEIREDO M.A., RODAL M.J.N., FERNANDES, A.G. 1998. Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente, CE. **Revista Brasileira de Botânica**, 21(2):105-116. doi:10.1590/S0100-84041998000200001.

ARAÚJO F.P., FARIAS Y.E.F., OLIVEIRA P.E. 2011. Biologia floral e visitantes de *Gaylussacia brasiliensis* (Spr.) Meissner (Ericaceae) – uma espécie com anteras poricidas polinizadas por beija-flores. **Acta botânica brasílica**, 25(2):387-394. doi:10.1590/S0102-33062011000200015.

ASHMAN M.R., PURI G. 2002. **Essencial soil science a clear and concise introduction to soil science**. Oxford: Blackwell Science Ltd., 208p.

AUGÉ R. M., STODOLA A.J.W., TIMS J.E, SAXTON A.M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, 230:87-97. doi:10.1023/A:1004891210871.

AZIZ T., SYLVIA D.M., DOREN R.F. 1995. Activity and species composition of arbuscular mycorrhizal fungi following soil removal. **Ecological Applications**, 5(3):776-784. doi: 10.2307/1941985.

BABA T., HIROSE D., SASAKI N., WATANABE N., KOBAYASHI N., KURASHIGE Y., KARIMI F., BAN T. 2016. Mycorrhizal formation and diversity of endophytic fungi in hair roots of *Vaccinium oldhamii* Miq. in Japan. **Microbes Environmental**, 31(2):186-189. doi:10.1264/jsme2.ME16011.

BARCELOS M.E.F., RIGUETE J.R., SILVA L.T.P., FERREIRA JR P.D. 2012. Uma visão panorâmica sobre os solos das restingas e seu papel na defesa das comunidades vegetais nas planícies costeiras do sudeste do Brasil. **Natureza online**, 10(2):71-76.

BECHARA, F. C. **Restauração Ecológica de Restingas Contaminadas por Pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho, Florianópolis, SC**. 2003. 125 f, Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BELNAP J., PHILIPS S.L. 2001. Soil biota in an ungrazed grassland: Response to annual grass (*Bromus tectorum*) invasion. **Ecological Applications**, 11(5):1261-1275. doi:10.2307/3060918.

BENI E. A. **Arcanjo ajuda a combater incêndio em vegetação próxima a praia da Joaquina**. nov. 2014. Disponível em:

<<https://www.pilotopolicial.com.br/incendio-atinge-50-mil-m%C2%B2-de-vegetacao-em-florianopolis/>>; Acesso em: 2 de set. 2017.

BESEN K. **Autoecologia de *Gaylussacia brasiliensis* (Ericaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Sul do Brasil.** 2017. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

BHATIA N.P., SUNDARI K., ADHOLEYA A. 1996. Diversity and selective dominance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: Mukerji K.G. (eds) **Concepts in Mycorrhizal Research. Handbook of Vegetation Science**, v. 19/2. Springer, Dordrecht, doi:10.1007/978-94-017-1124-1\_6.

BIZABANI C. **The diversity of root fungi associated with *Erica* species occurring in the Albany Centre of Endemism.** 2015. 148f. Tese (Doutorado em Filosofia em Microbiologia) – Rhodes University, 2015.

BONFIM J.A. **Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas restauradas de Mata Atlântica, São Paulo, Brasil.** 2011. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, 2011.

BRADLEY R., BURT A.J., READ D.J. 1982. The biology of mycorrhizal in the Ericaceae. VIII. The role of mycorrhizal infection in heavy metal resistance. **New Phytologist**, 91(2):197-209, DOI: 10.1111/j.1469-8137.1982.tb03306.x.

BRAMORSKI A. ***Gaylussacia brasiliensis* (Spreng) Meisn. (Ericaceae): caracterização química e atividade biológica do fruto *in vitro* e *in vivo*.** 2011. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BRASIL. 1999. Conselho Regional do Meio Ambiente (CONAMA). Aprova como parâmetro básico para análise dos estágios sucessionais da vegetação de Restinga para o Estado de Santa Catarina. Resolução nº 261, de 30 de junho de 1999. Diário Oficial da União, Brasília, DF, de 02 de agosto de 1999.

BRESOLIN A. Flora da restinga da Ilha de Santa Catarina. **Insula**, 10:1-55, 1979.

BUNN R.A., RAMSEY P.W., LEKBERG Y. 2015. Do native and invasive plants differ in their interactions with arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis. **Journal of Ecology**, 103(6):1547-1556. doi:10.1111/1365-2745.12456.

CAIRNEY J.W.G. 2000. Evolution of mycorrhizal systems. **Naturwissenschaften**, 87(11):467-475.

CAIRNEY K.W.G., MEHARG A.A. 2003. Ericoid mycorrhizal: a partnership that exploits harsh edaphic conditions. **European Journal of Soil Science**, 54(4):735-740. doi:10.1046/j.1351-0754.2003.0555.x.

CAMARA R., PEREIRA M.G., DA SILVA C.F., PAULA R.R., DA SILVA E.M.R. 2016. Fungos micorrízicos arbusculares em dois fragmentos florestais de restinga periodicamente inundável em Marambaia, RJ. **Floresta e Ambiente**, 23(1):33-42.

CAMPOS R.A.S., VIANELLO F., FLEURI L.F., PEDROSA V.A., VANZANI P., LIMA G.P.P. 2013. Antioxidants in Brazilian Plant Species. In: LIMA, G.P.P.; VIANELLO, F. (eds.). **Food Quality, Safety and Technology**. Springer, Vienna.

CARNEIRO M.A.C., SOUZA E.D.de, REIS E.F. dos, PEREIRA H.S., AZEVEDO W.R.de. 2009. Atributos físicos, químicos e microbiológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157. doi:10.159/S0100-06832009000100016.

CARENHO R., TRUFEM S.F.B., BONONI V.L.R. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de três espécies de fitobiontes instaladas em área de mata ciliar revegetada. **Acta Botânica Brasilica**, 15(1):115-124. doi:10.1590/S0102-33062001000100011.

CASTELLANI, T.T. **Estrutura e dinâmica populacional de *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Brown (Convolvulaceae) na Ilha de Santa Catarina**. 2003. 206 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CECCA - Centro de Estudos Cultura e Cidadania. 1997. Unidades de Conservação e Áreas Protegidas da Ilha de Santa Catarina: Caracterização e Legislação. Florianópolis, **Insular**, 160 p.

- CERTINI G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. **Oecologia**, 143:1-10. doi: 10.1007/s00442-004-1788-8.
- CHAGNON P.L., BRADLEY R.L., MAHERALI H., KLIRONOMOS J.N. 2013. A trait-based framework to understand life history of mycorrhizal fungi. **Trends Plant Science**, 18(9):484-491. doi:10.106/j.tplants.2013.05.001.
- CHAURASIA B., PANDEY A., PALNI L.M.S. 2005. Distribution, colonization and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with central Himalayan rhododendrons. **Forest Ecology and Management**, 207(3):315-324. doi:10.1016/j.foreco.2004.10.014.
- CLEMMENSEN K.E., BAHR A., OVASKAINEN O., DAHLBERG A., EKBLAD A., WALLANDER H., STENLID J., FINLAY R.D., WARDLE D.A., LINDAHL B.D. 2013. Roots and associated fungi drive long-term carbon sequestration in boreal forest. **Science**, 339(6127):1615-1618. doi: 10.1126/Science.1231923.
- CORDAZZO C.V., COSTA C.S.B. 1989. Associações vegetais das dunas frontais de Garopaba (SC). **Ciência e Cultura**, 41:906-910.
- CORDOBA A.S., MENDONÇA M.M.de, STÜRMER S.L., RYGIEWICZ P.T. 2001. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along a sand dune stabilization gradient: a case study at Praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina, South Brazil. **Mycoscience**, 42:379-387. doi: 10.1007/BF02461221.
- CUESTA, G. J. G. 2010. Hongos Simbiontes: Micorrizas. **Boletín Micología Lazarillo**, 4:67-81.
- CUMMING J.R., KELLY C.N. 2007. *Pinus virginiana* invasion influences soils and arbuscular mycorrhizae of a serpentine grassland. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, 134(1):63-73. doi: 10.3159/1095-5674(2007)134[63:PVIISA]2.0.CO;2.
- DA SILVA D.K., PEREIRA C.M.R., SOUZA R.G.de, SILVA G.A.da, OEHL F., MAIA L. 2012. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in restinga and dunes areas in Brazilian Northeast. **Biodiversity and Conservation**, 21(9):2361-2373. doi: 10.1007/s10531-012-0329-8.

DA SILVA D.K., SOUZA R.G.de, VELEZ B.A.A., SILVA G.A.da, OEHL F., MAIA L. 2015. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi on a vegetation gradient in tropical coastal dunes. **Applied Soil Ecology**, 96:7-17. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.06.009.

DA SILVA I.R., DE SOUZA F.A., DA SILVA D.K.A., OEHL F., MAIA L.C. 2017. Patterns of mycorrhizal fungal distribution on Mainland and Island Sandy Coastal Plain Ecosystems in Brazil. **Microbial Ecology**, 74:654-669. doi: 10.1007/s00248-017-0979-x.

DE LEÓN D.G., MOORA M., ÖPIK M., JAIRUS T., NEUENKAMP L., VASAR M., BUENO C.G., GERZ M., DAVISON J., ZOBEL M. 2016. Dispersal of arbuscular mycorrhizal fungi and plants during succession. **Acta Oecologica**, 77:128-135. doi: 10.106/j.actao.2016.10.006.

DE SOUZA F.A., STÜRMER S.L., CARRENHO R.; TRUFEM S.F.B. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010, 1:15-75.

DECHOUM M.S., GIEHL E.L.H., SÜHS R.B. SILVEIRA T.C.L., ZILLER S.R. 2018. Citizen engagement in the management of non-native invasive pines: Does it make a difference? **Biological Invasions**, p.1-14. doi:10.1007/s10530-018-1814-0.

DICKIE I.A., KOELE N., BLUM JD., GLEASON J.D. McGLONE M.S. 2014. Mycorrhizas in changing ecosystems. **Botany**, 92(2):149-160. doi: 10.1139/cjb-2013-0091.

DUCKMANTON L., WIDDEN P. 1994. Effect of Ozone on the Development of vesicular-arbuscular mycorrhizae in Sugar Maple Saplings. **Mycologia**, 86(2):181-186. doi: 10.2307/3760634.

EGERTON-WARBURTON L.M., ALLEN E.B. 2000. Shifts in arbuscular mycorrhizal communities along an anthropogenic nitrogen deposition gradient. **Ecological Applications**, 10:484-496. doi: 10.1890/1051-0761(2000)010[0484:SIAMCA]2.0.CO;2.



EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1997. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p.

FALKENBERG D. 1999. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Ínsula**, 28:1-30.

Flora de Santa Catarina. *Gaylussacia brasiliensis* (Mirtilo-brasileiro). Disponível em: <<https://sites.google.com/site/biodiversidadecatarinense/plantae/magnoliophyta/ericaceae/gaylussacia-brasiliensis>>; Acesso em 27 de fev. 2017.

FLÔRES G. Voluntários de projeto da UFSC retiram mudas de espécies invasoras da Lagoa da Conceição. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/2015/05/voluntarios-de-projeto-da-ufsc-retiram-mudas-de-especies-invasoras-da-lagoa-da-conceicao/>>; Acesso em 08 de abril de 2018.

FRAZÃO L.A., PICCOLO M.C., FEIGL B.J., CERRI C.C., CERRI C.E.P. 2008. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 43(5):641-648. doi: 10.1590/S0100-204x2008000500012.

GAZOL A., ZOBEL M., CANTERO J.J., DAVISON J., ESLER K.J., JAIRUS T., ÖPIK M., VASAR M., MOORA M. 2016. Impact of alien pines on local arbuscular mycorrhizal fungal communities – evidence from two continents. **FEMS Microbiology Ecology**, 92(6):1-14. doi:10.1093/femsec/fiw073.

GERDEMANN J. W.; NICOLSON T. H. 1963. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, 46(2):235- 244. doi: 10.1016/S0007-1536(63)80079-0.

GIANNINI P.C.F., ASSINE M.L., BARBOSA L.M., BARRETO A.M.F., CARVALHO A.M., CLAUDINO-SALES V., MAIA L.P., MARTINHO C.T., PEULVAST J.P., SAWAKUCHI A.O., TOMAZELLI J.L. 2005. Dunas eólicas costeiras e interiores. *In*: Souza C.R.G., SUGUIO K., OLIVEIRA P.E., OLIVEIRA A.M. ed.

Quaternário do Brasil. Abequa, ANP, FAPESP, IG, UnG, Ribeirão Preto, SP, Holos Editora.

GIOVANNETTI M. 1985. Seasonal variations of vesicular-arbuscular mycorrhizas and endogonaceous spores in a maritime sand dune. **Transactions of the British Mycological Society**, 84(4):679-684. doi:10.1016/S0007-1536(85)80123-6.

GIROTTI, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos**. 2007. 121 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2007.

GUERRA A. J.T., CUNHA A.B. 2001. **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

GUILLÉN A., MESQUITA-JOANES F., PERIS J.B., ARRILLAGA I. 2018. Effects of environmental and temporal factors on Glomeromycotina spores in sand dunes along the Gulf of Valencia (Spain). **Fungal Ecology**, 31:1-13. doi: 10.1016/j.funeco.2018.07.001.

GUIMARÃES T. **Florística e fenologia reprodutiva de plantas vasculares na restinga do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**.2006. 107 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

HAMMER O., HARPER D.A.T., RYAN P.D. PAST: 2001. Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia electronica**, 4:9.

HASELWANDTER K., READ D.J. 1980. Fungal associations of roots of dominant and sub-dominant plants in high-alpine vegetation systems with special reference to mycorrhiza. **Oecologia**, 45(1):57-62.

HAWKES C.V., BELNAP J. D'ANTONIO C., FIRESTONE M.K. 2006. Arbuscular mycorrhizal assemblages in native plant roots change in the presence of invasive exotic grasses. **Plant and Soil**, 281(1-2):369-380. doi:10.1007/s11104-005-4826-3.

- HEBEL C.L., SMITH J.E., CROMACK Jr K. 2009. Invasive plant species and soil microbial response to wildfire burn severity in the Cascade Range of Oregon. **Applied Soil Ecology**, 42(2):150-159. doi:10.1016/j.apsoil.2009.03.004.
- HELGASON T., FITTER A.H. 2009. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). **Journal of Experimental Botany**, 60(9):2465-2480. doi:10.1093/jxb/erp144.
- HENRIQUES R.P.B., HAY J.D. 1998. The plant communities of a foredune in southeastern Brazil. **Canadian Journal of Botany**, 76(8):1323-1330. doi:10.1139/b98-097.
- HODGE, A.; CAMPBELL, C.D.; FITTER, A.H. 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. **Nature**, 413:297-299. doi:10.1038/35095041.
- HOFFMANN L. V., LUCENA V. S. 2006. Para Entender Micorrizas Arbusculares. **Documentos 156**, EMBRAPA Algodão, Campina Grande, PB, p. 1-22.
- HOAGLAND D.R., ARNON D. I. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley. **Agricultural Experiment Station**, University. of California, p.347.
- HOLDEN S.R., ROGERS B.M., TRESEDER K., RANDERSON J.T. 2016. Fire severity influences the response of soil microbes to a boreal forest fire. **Environmental Research Letters**, 11:1-10. doi:10.1088/1748-9326/11/3/035004.
- HORTON T.R., CÁZARES E., BRUNS T.D. 1998. Ectomycorrhizal, vesicular-arbuscular and dark septate fungal colonization of bishop pine (*Pinus muricata*) seedling in the first 5 months of growth after wildfire. **Mycorrhiza**, 8:11-18. doi: 10.1007/s005720050205.
- IJDO M., SCHTICKZELLE N., CRANENBROUCK S., DECLERCK S. 2010. Do arbuscular mycorrhizal fungi with contrasting life-history strategies differ in their responses to repeated defoliation? **FEMS**

**Microbiology Ecology**, 72(1):114–122. doi:10.1111/j.1574-6941.2009.00829.x.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Climatological database**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acessado em 01 de outubro de 2018.

JANOS D. 1980. Mycorrhizae influence tropical succession. **Biotropica**, 12(2):56-64. doi: 10.2307/2388157.

JOBIM K., GOTO B.T. 2016. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) in maritime sand dunes of Brazilian northeast. **Studied in Fungi**, 1(1):43-55. doi:10.5943/sif/1/1/4.

JOHN T.V. St., COLEMAN D.C., REID C.P.P. 1983. Association of vesicular-arbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. **Ecology**, 64(4):957-959. doi:10.2307/1937216.

JOHNSON N.C., TILMAN D., WEDIN D. 1992. Plant and soil controls on mycorrhizal fungal communities. **Ecology**, 73(6):2034-2042. doi: 10.2307/1941453.

KAMINSKYJ S.G.W. Effective and flexible methods for visualizing and quantifying endorhizal fungi. In: SIDDIQUI Z.A., AKHTAR M.S., FUTAI F. (Eds.). **Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry**. Dordrecht: Springer-Verlag, 2008, p. 337-349.

KIVLIN S.N., WINSTON G.C., GOULDEN M.L., TRESEDER K.K. 2014. Environmental filtering affects soil fungal community composition more than dispersal limitation at regional scales. **Fungal Ecology**, 12:14-25. doi:10.1016/j.funeco.2014.04.004.

KLIRONOMOS J.N. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. **Ecology**, 84(9):2292-2301. doi: 10.1890/02-0413.

KOHOUT P. Biogeography of Ericoid Mycorrhiza. In: TEDERSOO L. (eds). **Biogeography of Mycorrhizal Symbiosis**. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), v. 230, Springer, Cham, 2017. doi:10.1007/978-3-319-56363-3\_9.

- KORB J.E., JOHNSON N.C., COVINGTON W.W. 2003. Arbuscular mycorrhizal propagule densities respond rapidly to ponderosa pine restoration treatments. **Journal of Applied Ecology**, 40(1):101-110. doi: 10.1046/j.1365-2664.2003.00781.x.
- KOSKE R.E., GEMMA J.N., ENGLANDER L. 1990. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in Hawaiian Ericales. **American Journal of Botany**, 77(1):64-68.
- KUBOTA M., McGONIGLE T.P., HYAKUMACHI M. 2001. *Clethra barbinervis*, a member of the order Ericales, forms arbuscular mycorrhizae. **Canadian Journal of Botany**, 79(3):300-306. doi: 10.1139/b01-008.
- KUTORGA, E., ADAMONYTĖ, IRŠĖNAITĖ R., JUZĖNAS S., KASPARAVIČIUS J., MARKOVSKAJA S., MOTIEJŪNAITĖ J., TREIGIENĖ A. 2012. Wildfire and post-fire management effects on early fungal succession in *Pinus mugo* plantations, located in Curonian Spit (Lithuania). **Geoderma**, 191:70-79, doi:10.1016/j.geoderma.2012.02.007.
- LEAL P.L., STÜRMER S.L., SIQUEIRA J.O. 2009. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from soils under different land uses systems in the Amazon, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, 40(1):111-121. doi: 10.1590/S1517-83822009000100019.
- LEGENDRE P., LEGENDRE, L. 1998. Numerical Ecology, 2nd English ed. **Elsevier**, 853 p.
- LEITE D.R. **Atributos químicos, físicos e biológicos de um neossolo quartzarênico sob sistemas agroflorestais biodiversos**. 2017. 90f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí. 2017.
- LEKBERG Y., HAMMER E.C., OLSSON P.A. 2010. Plants as resource islands and storage units-adopting the myco-centric view of arbuscular mycorrhizal networks. **FEMS Microbiology Ecology**, 74(2):336-345, doi: 10.1111/j.1574-6941.2010.00956.x.

LEKBERG Y., SCHNOOR T., KJØLLER R., GIBBONS S.M, HANSEN L.H., AL-SOUD W.A., SØRENSEN S.J., ROSENDAHL S. 2012. 454-Sequencing reveals stochastic local reassembly and high disturbance tolerance within arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Journal of Ecology**, 100(1):151-160. doi: 10.1111/j.1365-2745.2011.01894.x.

LONGO S., NOUHRA E., GOTO B.T., BERBARA R.L., URCELAU C. 2014. Effects of fire on arbuscular mycorrhizal fungi in the Mountain Chaco Forest. **Forest Ecology and Management**, 315:86-94. doi: 10.1016/j.foreco.2013.12.027.

LORENZI H., BACHER L., LACERDA M., SARTORI S. Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas (de consumo *in natura*). São Paulo: **Instituto Plantarum de Estudos da Flora**. 137 p, 2006.

LUTEYN J. L. 2002. Diversity, adaption, and endemism in Neotropical Ericaceae: Biogeographical patterns in the Vaccinieae. **The Botanical Review**, 68(1):55-87. doi: 10.1663/0006-8101(2002)068[0055:DAAEIN]2.0.CO;2.

MADIGAN M.T., MARTINKO J.M., BENDER K.S., BUCKLEY D.H., STAHL D.A. **Microbiologia de Brock**. 14. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2016.

MARQUES M.C.M., KLEIN R.M. Ericáceas - **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues. 1975.

McGONIGLE T. P., MILLER M.H., EVANS D.G., FAIRCHILD G.L., SWAN J.A. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Phytology**, 115(3):127-133. doi: 10.1111/j.1469-8137.1990.tb00476.x.

MELLONI R., SIQUEIRA J.O., MOREIRA F.M.S. 2003. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**; 38(2):267-276. doi:10.1590/S0100-204X2003000200014.

MEURER E.J., RHEINHEIMER R.D., BISSANI C.A. Fenômenos de sorção em solos. In: MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Ed. Evangraf LTDA, 2010. p. 107-147.

MILLER R. M., JASTROW J. D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. p. 29-44. In: G. J. Bethlenfalvay & R. G. Linderman. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. ASA/CSSA/SSSA, Madison. 124 p. 1992.

MITCHELL D.T., GIBSON B.R. 2006. Ericoid mycorrhizal association: ability to adapt to a broad range of habitats. **Mycologist**, 20(1):2-9. doi:10.1016/j.mycol.2005.11.015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>; Acessado em 31 de jun. 2017.

MOTIEJŪNAITĖ J., ADAMONYTĖ G., IRŠĖNAITĖ R., JUZNAS S., KASPARAVIČIUS J., KUTORGA E., MARKOVSKAJA S. 2014. Early fungal community succession following crown fire in *Pinus mugo* stands and fire in *Pinus sylvestris* stands. **European Journal of Forest Research**, 133(4):745-756. doi: 10.1007/s10342-013-0738-6.

MORADI M., NAJI H.R., IMANI F., BEHBAHANI S.M., AHMADI M.T. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi changes by afforestation in sand dunes. **Journal of Arid Environments**, 140:14-19. doi:10.1016/j.jaridenv.2017.01.006.

MORAES R.M., DELITTI W.B.C., STRUFFALDI-DE-VUONO Y. 1999. Litterfall and litter nutrient content two Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, 22(1):163-173. doi: 10.1590/S0100-84041999000100002.

MOREIRA M., BARETTA D., TSAI S.M., CARDOSO E.J.B.N. 2006. Spore density and root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in preserved or disturbed *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. ecosystems. **Scientia Agricola**, 63(4):380-385. doi: 10.1590/S0103-90162006000400009.

MOREIRA F.M.S., SIQUEIRA J.O. 2006. Microbiologia e Bioquímica do Solo. 2ª edição atualizada e ampliada. Lavras, **Editora UFLA**. 729p.

MOREIRA M., BARETTA D., TSAI S.M., COSTA S.M.G., CARDOSO E.J.B.N. 2007. Biodiversity and distribution of arbuscular mycorrhizal

fungi in *Araucaria angustifolia* forest. **Scientia Agricola**, 64(4):393-399. doi: 10.1590/S0103-901620070004000010.

MOREIRA M., BARETTA D., CARDOSO E.J.B.N. 2012. Doses de fósforo determinam a prevalência de fungos micorrízicos arbusculares em *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, 22(4):813-820. doi: 10.5902/198050987562.

MOREIRA-SOUZA M., CARDOSO E J.B.N. 2002. Dependência Micorrízica de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26(4):905-912. doi: 10.1590/S0100-06832002000400007.

MORTON J. B. 1993. Problems and solutions for the integration of glomalean taxonomy, systematic biology, and the study of endomycorrhizal phenomena. **Mycorrhiza**, 2(3):97-109. doi: 10.1007/BF00203855.

MUÑOZ-ROJAS M., ERICKSON T.E., MARTINI D., DIXON K.W., MERRITT D.J. 2016. Soil physicochemical and microbiological indicators of short, médium and long term post-fire recovery in semi-arid ecosystems. **Ecological Indicators**, 63:14-22. doi: 10.1016/j.ecolind.2015.11.038.

MUNYANZIZ E., KEHRI H. K., BAGYARAJ D. J. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, 6(1):77 -85. doi: 10.1016/S0929-1393(96)00152-7.

MYERS N., MITTERMEIER R.A., MITTERMEIER C.G., FONSECA G.A.B., KENT J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403:853-858. doi:10.1038/35002501.

NAMBIAR E.K.S. Plantation forests: their scope and perspective on plantation nutrition. In: BOWER, G.D.; NAMBIAR, E.K.S. (Eds.). **Nutrition of plantation forest**. London: Academic Press, 15p. 1989.

NEARY D.G., KLOPATEK C.C., DEBANCO L.F., FFOLLIOTT P.F. 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. **Forest Ecology and Management**, 122(1-2):51-71. doi: 10.1016/S0378-1127(99)00032-8.



OLIVEIRA T.P., ENSINAS S.C., BARBOSA G.F., NANZER M.C., BARRETA P.G.V. 2017. Atributos químicos de um Neossolo Quartzarênico de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista de Agricultura Neotropical**, 4(5):72-78. doi: 10.32404/rean.v4i5.2182.

OKSANEN, J., et al. Package vegan. R Packag. ver. 254, p. 8-20, 2013.

PAIM L.R., VITORINO A.C.T., MOREIRA F.M.S., FONSECA J.G., SANTOS J.V., MARCHETTI M.E., ARAÚJO E.O., NUNES D.P. 2012. Avaliação da colonização e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em milho aplicado formononetina. In: XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo – Águas de Lindóia, p. 593-599.

PAULA R.R., PEREIRA M.G., MENEZES L.F.T. 2009. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, 19(2):139-148. doi:10.5902/19805098405.

PEREIRA M.C.A., ARAÚJO D.S.D, PEREIRA O.J. 2001. Estrutura de uma comunidade arbustiva da restinga de Barra de Marica-RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, 24(3):237-281. doi: 10.1590/S0100-84042001000300005.

PETERSON R.L., MASSICOTTE H.B., MELVILLE L.H. 2004. **Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology**. NRC Research, Canada. 173p. 2004.

PIMENTEL T.F., SILVA A.G. 2011. A população de *Gaylussacia brasiliensis* na vegetação arbustiva aberta na Área de Proteção Ambiental de Setiba, Guarapari, ES. **Natureza on line**, 9(2):76-81.

PINTO A.L. **Estrutura de comunidades microbianas do solo em áreas de restinga preservadas do Parque Estadual do Rio Vermelho, Florianópolis, SC**. 2015. 100f. (Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PRIMAVESI A. 1999. Agricultura em regiões tropicais, manejo ecológico do solo. São Paulo, **Editores Nobel**. 1999.

RASHID A., AHMED T., AYUB N., KHAN A.G. 1997. Effect of forest fire on number, viability and post-fire re-establishment of arbuscular mycorrhizae. **Mycorrhiza**, 7(4):217-220. doi: 10.1007/s005720050183.

READ D.J. 1983. The biology of mycorrhizal in the Ericales. **Canadian Journal of Botany**, 61(3):985-1004. doi: 10.1139/b83-107.

READ D.J. 1996. The Structure and function of Ericoid Mycorrhizal Root. **Annals of Botany**, 77(4):365-374. doi:10.1006/anbo.1996.0044.

REAZIN C., MORRIS S., SMITH J.E., COWAN A.D., JUMPPONEN A. 2016. Fires of differing intensities rapidly select distinct soil fungal communities in a Northwest US ponderosa pine forest ecosystem. **Forest Ecology and Management**, 377:118-127. doi: 10.1016/j.foreco.2016.07.002.

REDECKER D., KODNER R., GRAHAM L.E. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, 289:1920-1921.

REFLORA - Flora do Brasil. *Gaylussacia brasiliensis* (Spreng.) Meisn. Disponível

em:<[REICHERT J. M., et al. Solos Florestais. 2009. Apostila Teórica. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. \*\*Departamento de Solos\*\*. p. 105 – 110. Santa Maria - RS,](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/BemVindoConsultaPublicaConsultar.do?invalidatePageControlCounter=1&idsFilhosAlgas=%5B2%5D&idsFilhosFungos=%5B1%2C10%2C11%5D&lingua=&grupo=5&familia=null&genero=&especie=&autor=&nomeVernaculo=&nomeCompleto=Ericaceae+Gaylussacia+brasiliensis+%28Spreng.%29+Meisn.&formaVida=null&substrato=null&ocorreBrasil=QUALQUER&ocorrencia=OCORRE&endemismo=TODOS&origem=TODOS&regiao=QUALQUER&estado=QUALQUER&ilhaOceânica=32767&domFitogeograficos=QUALQUER&bacia=QUALQUER&vegetacao=TODOS&mostrarAte=SUBESP_VAR&opcoesBusca=TODOS_OS_NOMES&loginUsuario=Visitante&senhaUsuario=&contexto=consulta-publica>. Acesso em 14 de jul. 2017.</p>
</div>
<div data-bbox=)

REINHART K.O., CALLAWAY R.M. 2006. Soil biota and invasive plants. **New Phytologist**, 170(3):445-457. doi: 10.1111/j.1469-8137.2006.01715.x.

REMIGI P., FAYE A., KANE A., DERUAZ M., THIOULOUSE J., CISSOKO M., PRIN Y., GALIANA A., DREYFUS B., DUPONNOIS R. 2008. The exotic legume tree species *Acacia holosericea* alters microbial soil functionalities and the structures of the arbuscular mycorrhizal community. **Applied and Environmental Microbiology**, 74(5):1485-1493. doi: 10.1128/AEM.02427-07.

RIGHETTI B. P. H., et al. Manejo de *Pinus* spp. por voluntários no parque municipal das dunas da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC. 2011. In: **5º Congresso Nacional de Extensão Universitária**, 2011, Porto Alegre. Anais do 5º CBEU, 2011.

RODRIGUES R.A.F., CARVALHO J.E., SOUSA I.M.O., ANTÔNIO M.A., PIZÃO P.E., KOHN L.K., AMARAL M.C.E., BITTRICH V., FOGLIO M.A. 2011. Antiproliferative activity, isolation and identification of active compound from *Gaylussacia brasiliensis*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 21(4):622-626. doi: 10.1590/S0102-695X2011005000116.

ROMÃO G.O. **Revisão taxonômica de *Gaylussacia* Kunth (Ericaceae) e estudos da filogenia do gênero**. 2011. 494 p Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2011.

ROSENDAHL S. 2008. Communities, populations and individuals of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, 178(2):253-266. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02378.x.

ROY-BOLDUC A., LALIBERTÉ E., BOUDREAU S., HIJRI M. 2016. Strong linkage between plant and soil fungal communities along a successional coastal dune system. **FEMS Microbiology Ecology**, 92(10):1-10. doi:10.1093/femsec/fiw156.

RUNDEL P.W., DICKIE I.A., RICHARDSON D.M. 2014. Tree invasions into treeless areas: mechanisms and ecosystem processes. **Biological Invasions**, 16(3):663-675. doi: 10.1007/s10530-013-0614-9.

SALVIANO A.M., CUNHA T.J.F., OLSZEWSKI N., NETO M.B.O., GIONGO V., QUEIROX A.F., MENEZES F.J.S. 2016. Potencialidades e limitações para o uso agrícola de solos arenosos na região semiárida da Bahia. **Magistra**, 28(2):137-148.

Santa Catarina. Lei nº 9097 de 18 de outubro de 2012.

SANTOS E., HEBERLE D.A., LOVATO P.E. 2011. Desenvolvimento de técnicas de multiplicação da *Gaylussacia brasiliensis* (SPR.) Meissner – Camarinha. In: XVIII Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais & V Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, 2011, Joinville. XVIII Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais & V Congresso Brasileiro de Cultura de Tecidos de Plantas, 2011.

SCARANO F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant community stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals of Botany**, 90: 517-524. doi: 10.1093/aob/mcf189.

SCORIZA R.N., CORREIA M.E.F., DA SILVA E.M.R. 2016. Colêmbolos e fungos micorrízicos arbusculares como indicadores de degradação em fragmentos florestais de encosta. **Revista de Ciências Agrárias**, 59(4):386-392. doi: 10.4322/rca.2172.

SILVA R.R., CERVI A.C. 2006. As Ericaceae Juss. nativas no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Biologica Paranaense**, Curitiba, 35:1-45.

SILVA R.F., MARCO R., BERTOLLO G.M., MATSOUKA M., MENEGOL D.R. 2015. Influência do uso do solo na ocorrência e diversidade de FMA em latossolo no Sul do Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, 36(3):1851-1862. doi: 10.5433/1679.0359.2015v36n3Supl1p1851.

SILVA I.R., SOUZA F.A., DA SILVA D.K.A. OEHL F., MAIA L.C. 2017. Patterns of arbuscular mycorrhizal fungal distribution on mainland and island sandy coastal plain ecosystems in Brazil. **Microbial Ecology**, 74(3):654-669. doi:10.1007/s00248-017-0979-x.

SIQUEIRA NETO, M., PICCOLO M.C., SCOPEL E., JUNIOR C.C., CERRI C.C., BERNOUX M. 2009. Carbono total e atributos químicos

com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, 31(4):709-717. doi: 10.4025/actasciagron.v3li4.792.

SMITH S.E., READ D.J. 1997. **Mycorrhizal symbiosis**. Academic Press, London.

STÜRMER S.L., BELLEI M.M. 1994. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. **Canadian Journal of Botany**, 72(3):359-363. doi:10.1139/b94-048.

STÜRMER S.L., FILHO O.K., DE QUEIROZ M.H., DE MENDONÇA M.M. 2006. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in soils of early stages of a secondary succession of Atlantic Forest in South Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, 20(3):513-521. doi: 10.1590/S0102-33062006000300002.

STÜRMER S.L., MELLONI R., CAPRONI A.L. 2010. Micorrizas arbusculares em dunas marítimas e em áreas de mineração. In: SIQUEIRA, J.O.; SOUZA, F.A. de; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. 704 p.

STÜRMER S.L., SIQUEIRA J. O. 2011. Species richness and spore abundance of arbuscular mycorrhizal fungi across distinct land uses in Western Brazilian Amazon. **Mycorrhiza**. 21(4):255-267. doi: 10.1007/s00572-010-0330-6.

STÜRMER S.L., STÜRMER R., PASQUALINI D. 2013. Taxonomic diversity and community structure of arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota) in three maritime sand dunes in Santa Catarina state, south Brazil. **Fungal Ecology**, 6(1):27-36. doi:10.1016/j.funeco.2012.10.001.

STÜRMER S.L., OLIVEIRA L.Z., MORTON J.B. 2018. Gigasporaceae versus Glomeraceae (phylum Glomeromycota): A biogeographic tale of dominance in maritime sand dunes. **Fungal Ecology**, 32:49-56. doi:10.1016/j.funeco.2017.11.008.

STUTZ J.C., COPEMAN R., MARTIN C.A., MORTON J. 2000. Patterns of species composition and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in arid regions of southwestern North America and

Namibia, Africa. **Canadian Journal of Botany**, 78(2):237-245. doi: 10.1139/b99-183.

SOUZA R.G., MAIA L.C., SALES M.F., TRUFEM S.F.B. 2003. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 26(1):49-60. doi: 10.1590/S0100-84042003000100006.

SOUZA F.A., DALPÉ Y., DECLERCK S., PROVIDENCIA I., SEJALON-DELMAS N., . 2005. Life history strategies in Gigasporaceae: insight from monoxenic culture. **Vitro Culture of Mycorrhizas** (eds S. Declerck, D.G. Strullu & J.A. Fortin), 4:73–91. doi: 10.1007/3-540-27331-x-5.

SOUZA V. C, DA SILVA R.A., CARDOSO G.D., BARRETO A.F. 2006. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 10(3):612-618. doi: 10.1590/S1415-43662006000300011.

SOUZA R.G., GOTO B.T., DA SILVA D.K.A., DA SILVA F.S.B., SAMPAIO E.V.S.B., MAIA L.C. 2010. The role of arbuscular mycorrhizal fungi and cattle manure in the establishment of *Tocoyena selloana* Schum. in mined dune areas. **European Journal of Soil Biology**, 46(3-4):237–242. doi: 10.1016/j.ejsobi.2010.04.004.

SOUZA R.G., SILVA D.K.A., OLIVEIRA J.R.G., GOTO B.T., SILVA F.S.B., SAMPAIO E.V.S.B., MAIA L.C. 2012. Use of mycorrhizal seedling on recovery of mined dunes in northeastern Brazil. **Pedobiologia**, 55(6):303-309. doi: 10.1016/j.pedobi.2012.06.002.

SYLVIA D.M., JARSTFER A.G. 1992. Sheared-root inocula of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, 58:229-232.

TEDESCO, M. J. 1985. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS/ Faculdade de Agronomia, 188p.

TESTE F.P., LALIBERTÉ E., LAMBERS H., AUER Y., KRAMER S., KANDELER E. 2016. Mycorrhizal fungal biomass and scavenging declines in phosphorus-impoverished soils during ecosystem

retrogression. **Soil Biology and Biochemistry**, 92:119-132. doi: 10.1016/j.soilbio.2015.09.021.

TRAPPE J.M. 1987. Phylogenetic and ecological aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In: SAFIR G.R. (Ed.) *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. CRC Press, Boca Raton, Sand Diego, California.

TRUFEM S.F.B., OTOMO H.S., MALATINSZKY S.M.M. 1989. Fungos micorrízicos vesículas arbusculares em rizosferas de plantas em dunas do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, São Paulo, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, 3(2):141-152. doi: 10.1590/S0102-33061989000300014.

TRUFEM S.F.B., MAIA L. C. 1990. Fungos Micorrízicos vesículo-arbusculares sob culturas, no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Botânica**, 13:89-95.

TRUFEM S.F.B., MALATINSZKY S.M.M., OTOMO H.S. 1994. Fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de plantas do litoral arenoso do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, 8 (2):219-229. doi: 10.1590/S0102-33061994000200007.

TURRINI A., SBRANA C., STRANI P., PEZZAROSSA B., RISALITI R., GIOVANNETTI M. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungi of a Mediterranean island (Pianosa), within a UNESCO Biosphere Reserve. **Biology and Fertility of Soils**, 46(5):511-520. doi: 10.1007/s00374-010-0446-z.

URCELAY C. 2002. Co-occurrence of three fungal root symbionts in *Gaultheria poeppigii* DC in Central Argentina. **Mycorrhiza**, 12(2):89-92. doi:10.1007/s00572-001-0146-5.

VAN DER HEIJDEN M.G.A., KLIRONOMOS J.N., URSIC M., MOUTOGLIS P., STRITWOLF-ENGEL R., BOLLER T., WIEMKEN A., SANDERS I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, 396:69-72. doi: 10.1111/nph.13288.

VOGELSANG K.M., BEVER J.D. 2009. Mycorrhizal densities decline in association with nonnative plants and contribute to plant invasion. **Ecology**, 90:399-407. doi: 10.1890/07-2144.1.

VOHNÍK M., SADOWSKY J.J., KOHOUT P., LHOTÁKOVÁ Z., NESTBY R., KOLAŘIK M. 2012. Novel root-fungus symbiosis in Ericaceae: Sheathed ericoid mycorrhizal formed by a hitherto undescribed basidiomycete with affinities to Trechisporales. **PLoS ONE**, 7(6):1-16. doi:10.1371/journal.pone.0039524.

WEAST R.C. 1988. Handbook of Chemistry and Physics. CRC. Press, Boca Raton, Florida.

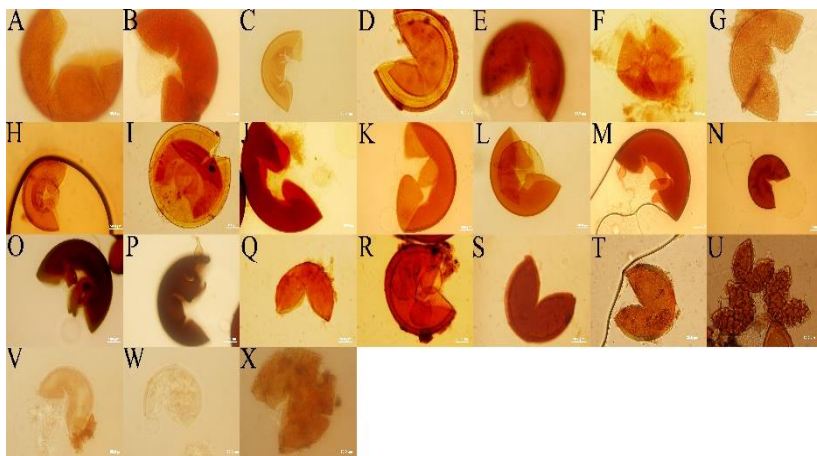
XIANG X., GIBBONS S.M., YANG J., KONG J., SUN R., CHU H. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungal communities show low resistance and high resilience to wildfire disturbance. **Plant and Soil**, 397:347-356. doi:10.1007/s11104-015-2633-z.

ZANGARO W., MOREIRA M. 2010. Micorrizas arbusculares nos biomas Floresta Atlântica e Floresta de Araucária. In: SIQUEIRA, J.O.; DE SOUZA, F.A.; CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. (Eds.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras, UFLA, p. 279-310.

ZHANG Y., GUO L. D., LIU R. J. 2004. 25 **Plant & Soil**, 261:257- 5 263. doi:10.1023/B:PLSO.0000035572.15098.f6



**APÊNDICE A - Esporos de FMA coletados em áreas de restinga e identificados**



- A) *Acaulospora cavernata* Blaszk. B) *Acaulospora foveata* Trappe & Janos. C) *Acaulospora mellea* Spain & N.C. Schenck. D) *Acaulospora morrowiae* Spain & N.C. Schenck. E) *Acaulospora rehmi* Sieverding & S. Toro. F) *Acaulospora spinosa* C. Walker & Trappe. G) *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe. H) *Acaulospora* sp1. I) *Acaulospora* sp2. J) *Gigaspora albida* N.C. Schenck & G.S. Smith. K) *Gigaspora decipiens* I.R. Hall & L.K. Abbott. L) *Dentiscutata heterogama* T.H. (Nicolson & Gerd.) Sieverd, F.A. Souza & Oehl. M) *Dentiscutata* sp1. N) *Cetraspora pellucida* (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders. O) *Racocetra coralloidea* (Trappe, Gerd. & I. Ho) Oehl, F.A. Souza & Sieverding. P) *Racocetra gregaria* (N.C. Schenck & T.H. Nicol.) Oehl, F.A. Souza & Sieverding. Q) *Glomus glomerulatum* Sieverd. R) *Glomus microaggregatum* Koske, Gemma & P.D. Olexia. S) *Glomus* sp1. T) *Glomus* sp2. U) *Glomus* sp3. V) *Rhizophagus clarus* (Nicolson & Schenck) C. Walker & A. Schüsler. W) *Rhizophagus* sp1. X) *Ambispora leptoticha* (N.C. Schenck & G.S. Sm.) R.J. Bills & J.B. Morton.



**APÊNDICE B** - Autovalores, autovetores e proporção da variação associada a seis eixos da análise de redundância com base na distância (dbRDA) de variáveis químicas do solo avaliadas para espécies de FMA.

Espécies de FMA	CAP1	CAP2	CAP3	CAP4	CAP5	CAP6
A. cav	-0,32	-0,14	-0,03	0,04	-0,20	-3,13
A. fov	0,43	-0,42	0,15	-0,05	-0,09	-0,06
A. mell	0,07	-0,07	-1,10E-02	1,78E-01	-0,02	0,06
A. morr	0,36	0,21	-0,18	0,07	-0,19	-0,14
A. reh	-0,02	-0,04	0,01	0,03	0,08	-0,01
A. spin	-0,12	0,02	-1,67E-02	0,03	0,09	8,19E-02
A. tub	-0,06	0,01	-0,07	-0,08	0,16	-0,08
Acaulosp. sp1	0,22	-0,09	-0,12	0,29	-0,17	0,13
Acaulosp. sp2	-0,13	0,08	-0,20	0,11	-0,13	-2,84E-02
S. wer	0,01	-0,06	0,08	0,11	0,08	0,02
Scustelosp. sp1	-0,22	-0,04	-0,12	0,01	-0,01	-0,14
G. alb	0,02	-0,64	0,23	5,91E-02	-0,03	0,11
G. dec	-0,03	-0,09	-0,32	0,27	-0,03	0,10
D. het	-0,03	0,02	0,09	0,08	0,02	0,00
Dentisc. sp1	0,11	-0,08	-0,01	3,01E-02	0,01	0,05
C. pell	-0,29	-0,11	0,19	-0,02	-0,04	-0,22
R. greg	-0,20	-0,03	0,19	0,08	0,05	-0,04
R. cor	-0,12	0,03	0,13	0,03	0,05	-0,02
Gl. glom	0,46	0,08	0,31	0,31	-0,05	-0,14
Gl. micro	0,37	-0,24	-0,47	-0,16	-0,07	-0,01
Gl. cons	-0,10	-1,74E-02	-0,05	0,02	0,01	-0,03
Glomus sp1	0,08	-0,10	0,00	0,08	-0,13	-0,02
Glomus sp2	0,36	-0,22	-0,04	0,01	0,03	0,09
Glomus sp3	0,46	0,26	-0,07	0,13	0,30	0,00
R. clar	-0,13	0,00	-0,05	0,05	0,14	0,10
Rhizophag. Sp1	0,03	-5,81E-03	-0,06	-0,06	0,09	-0,09
A. lept	0,02	0,37	0,21	-0,07	-0,16	0,21
Áreas						
AP	0,45	-0,22	-1,14	-0,98	-0,58	-0,21
AP	-2,59	0,22	-0,27	1,23	0,18	-1,79
AP	-1,83	-0,62	-0,05	1,38	2,59	3,71
AP	0,44	-0,27	-1,26	-1,00	-0,40	-0,39
AP	-0,55	-1,39	-0,71	-0,27	-0,79	-2,16
AP	-0,06	-0,66	0,42	-1,99	-1,25	-0,57
AP	0,16	-1,75	-0,73	0,10	-0,42	2,14
AP	0,14	-1,22	-0,25	-0,06	0,02	0,26
AP	-0,16	-1,47	1,41	-1,75	0,28	1,49
AP	0,65	0,99	-1,21	-1,20	1,67	-0,52
AB	-2,18	0,51	-1,12	1,74	-1,34	-0,08
AB	-2,51	0,09	0,45	1,35	0,02	-2,10
AB	-2,09	0,43	-0,05	0,83	0,30	-0,23
AB	0,00	-1,77	-0,52	-0,85	0,30	1,55
AB	0,18	-1,28	-0,05	1,42	-1,53	-1,24
AB	0,24	0,94	0,84	-2,50	-0,86	0,39
AB	0,44	0,57	0,00	-0,98	1,33	-1,99
AB	-0,31	-0,63	0,49	-2,59	0,78	-1,55

	CAP1	CAP2	CAP3	CAP4	CAP5	CAP6
AB	0,16	-0,80	-0,23	0,08	0,56	-1,87
AB	0,70	-0,94	-0,55	-0,07	-0,41	-0,43
AV	0,45	-0,22	-1,14	-0,98	-0,58	-0,21
AV	0,97	-0,12	-0,35	0,65	1,36	-0,40
AV	0,91	-0,68	-0,10	2,09	0,92	0,80
AV	0,92	0,82	-0,93	1,50	0,90	-0,63
AV	0,57	-1,56	0,01	1,32	-0,58	1,36
AV	0,17	0,78	0,44	2,64	2,39	0,43
AV	1,49	0,95	1,14	0,02	1,42	-1,64
AV	0,42	-0,47	1,87	0,31	-1,11	-0,75
AV	0,88	-0,79	1,59	1,53	1,05	0,91
AV	0,81	1,00	1,70	-0,85	-1,62	-0,09
AQ	-0,04	0,78	-1,65	0,54	-2,39	2,23
AQ	0,45	1,00	-0,35	0,51	-1,26	0,72
AQ	0,72	0,53	-1,24	2,04	0,44	-0,71
AQ	0,24	0,88	-0,41	0,37	0,72	-1,00
AQ	0,60	0,86	1,10	0,80	0,62	0,78
AQ	1,41	0,18	-0,93	-2,10	1,02	-1,68
AQ	-0,61	1,14	1,91	-2,98	-1,12	2,02
AQ	-0,19	1,73	0,67	-1,59	-1,45	1,52
AQ	0,12	1,43	0,60	1,27	-1,17	0,80
AQ	-1,60	1,05	0,63	-0,97	-0,06	1,12
Atributos Químicos						
pH	0,26	0,51	0,36	-0,10	0,34	-0,19
K_res	-0,05	0,25	-0,26	-0,26	-0,74	-0,22
P_res	-0,10	0,67	-0,33	-0,33	-0,47	0,15
Ca	0,16	-0,10	0,39	0,04	0,09	0,25
COT	0,49	0,56	-0,15	0,05	-0,48	0,42
K	-0,06	0,00	0,14	-0,55	-0,66	0,40
Na	0,12	-0,10	-0,94	-0,04	-0,12	0,25
Nt	0,15	0,01	-0,63	0,22	0,60	-0,28

## ANEXO A - Registro do cadastro no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado.

 <b>Ministério do Meio Ambiente</b> <b>CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO</b> SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO <b>Comprovante de Cadastro de Acesso</b> <b>Cadastro nº ACEA33A</b>		Celtopora pellicata Dentoculata heterogama Dentoculata sp1 Gisporea albidula Gisporea decipiens Sivalthopora sp1 Acutiospora cuneata Acutiospora foveata Acutiospora metra Acutiospora mucronata Acutiospora retzii Acutiospora ruginosa Acutiospora tuberculata Acutiospora sp1 Acutiospora sp2
A finalidade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumidos, foi cadastrada no SiGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.		<b>FUNGIOS MICROSCÓPICOS ANUBUSCULARES EM GASTROSTOMA BRASILENSE (Esping. Mitocon. EM ÁREA DE RESTIÇA)</b>
Número do cadastro: Usuário: CPF (CNPJ): Classe de Acesso: Finalidade do Acesso:	<b>ACEA33A</b> <b>ANNA FLÁVIA NERI DE ALMEIDA</b> [REDACTED] Patrimônio Genético Pesquisa	<b>Grupo:</b> <b>ANNA FLÁVIA NERI DE ALMEIDA</b> Paulo Emilio Levato
<b>Espécies</b> Gufonascia brasiliensis Anubusca leptoticha Gnomus canaliculatus Gnomus microaggregatus Gnomus glomerulatum Gnomus sp1 Gnomus sp2 Gnomus sp3 Rhizophagus ilavus Rhizophagus sp1 Gnomus versucellus Raccocera graptus Raccocera corallifida		<b>UFSC</b> Universidade Federal de Santa Catarina
		Data do Cadastro: 06/12/2018 11:28:41 Situação do Cadastro: Concluído
		
		Conselho de Gestão do Patrimônio Genético Situação cadastral conforme consulta ao SiGen em 13/01 de 15/12/2018.
		 SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO - SIBS/EM

## ANEXO B - Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico realizado pelo SISBIO.



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBIO  
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico

Número: 59583-1	Data da Emissão: 10/07/2017 12:00
Dados do titular	
Nome: ANNA FLÁVIA NERI DE ALMEIDA	CPF: [REDACTED]

#### Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passado, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas à autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	A autorização não exclui o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) do proprietário, arrendatário, possessor ou morador quando as atividades forem realizadas em área de domínio privado ou dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regulamentação fundiária encontra-se em curso; II) da comunidade indígena envolvida, ouvido o órgão indigenista oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; III) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indispensável à segurança nacional; IV) da autoridade marítima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; V) do Departamento Nacional da Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; VI) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentre outras.
3	O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou educacionais no âmbito do ensino superior.
4	É necessária a obtenção de análises prévias em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade.
5	Este documento não abrange a coleta de vegetais hidrófitos, sendo em vista que o Decreto Lei nº 221/1967 e o Art. 36 da Lei nº 9.605/1998 estabeleceram a necessidade de obtenção de autorização para coleta de vegetais hidrófitos para fins científicos.
6	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.ibama.gov.br">www.ibama.gov.br</a> (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
7	Este documento não é válido para: a) coleta ou transporte de espécies que constem nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção; b) recebimento ou envio de material biológico ao exterior; e c) realização de pesquisa em unidade de conservação federal ou em caverna.
8	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/ogen">www.mma.gov.br/ogen</a> .
9	Este documento não exclui o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) da comunidade indígena envolvida, ouvido o órgão indigenista oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; II) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indispensável à segurança nacional; III) da autoridade marítima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; IV) do Departamento Nacional da Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; V) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentre outras.

#### Táxons autorizados

#	Nível taxonômico	Taxon(s)
1	ESPECIE	Casuarina brasiliensis





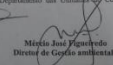
Este documento (Comprovante de registro para coleta de material botânico, fúngico e microbiológico) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBIO na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

Código de autenticação: 17872397



Página 1/1

## ANEXO C - Comprovante de autorização para realização de pesquisa científica no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (PMDLC).

 <b>PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS</b> <b>Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis</b> <small>Rua Felipe Schmidt, 3222 - 8º andar - CEP 88012-002 - Centro - Florianópolis/SC          Fone: (48) 3261-8500 - E-mail: floram@pmf.sc.gov.br</small>		 <b>Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis</b> <small>Rua Felipe Schmidt, 3222 - 8º andar - CEP 88012-002 - Centro - Florianópolis/SC          Fone/Fax: 3261-8500 - CNPJ: 06.909.972/0001-03</small>									
Florianópolis 14 de Agosto de 2017.		<b>AUTORIZAÇÃO Nº 018/2017 - DEPUC</b>									
Ofício nº 1522/2017-DEPUC		DATA: 02/08/2017									
<b>Ilma. Sra.</b> <b>Ana Flávia Neri de Almeida</b> <b>NETA</b>		<table border="1"> <tr> <td>PROCESSO Nº</td> <td>E 044926/2017</td> </tr> <tr> <td>REQUERENTE:</td> <td>Ana Flávia Neri de Almeida</td> </tr> <tr> <td>ASSUNTO:</td> <td>Autorização para realização de pesquisa científica no PMDLC</td> </tr> <tr> <td>VALIDADE:</td> <td>12 (doze) meses</td> </tr> </table>		PROCESSO Nº	E 044926/2017	REQUERENTE:	Ana Flávia Neri de Almeida	ASSUNTO:	Autorização para realização de pesquisa científica no PMDLC	VALIDADE:	12 (doze) meses
PROCESSO Nº	E 044926/2017										
REQUERENTE:	Ana Flávia Neri de Almeida										
ASSUNTO:	Autorização para realização de pesquisa científica no PMDLC										
VALIDADE:	12 (doze) meses										
<p>Assunto: Autorização para realização de pesquisa científica no PMDLC.</p> <p>Prezada Senhora,</p> <p>Em atendimento à sua solicitação para a realização da pesquisa científica e coleta de organismos na área do Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição, informamos que com base no Parecer Técnico nº 020/17 - DEPUC foi emitida a autorização nº 018/17-DEPUC, que segue em anexo.</p> <p>Solicitamos sua especial atenção às recomendações / restrições contidas na autorização, lembrando que sua não observância pode implicar no cancelamento da mesma e na aplicação das sanções administrativas cabíveis.</p> <p>Sendo o que tínhamos para o momento,</p> <p>Atenciosamente,</p> <p style="text-align: center;">  <b>Mario Davi Barbosa</b>          Superintendente</p>											
<p>A Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis - FLORAM, com base no Art. 4º, inciso II da Lei nº 4.643/95, e no Parecer Técnico nº 020/2017-DEPUC, autoriza a Mestranda Ana Flávia Neri de Almeida, a realizar pesquisa e expedições de campo no Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição.</p> <p>O Parque Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição constitui espaço especialmente protegido, cujas áreas são de preservação permanente e só podem ser utilizadas quando não houver comprometimento de sua integridade, devendo a requerente observar as seguintes recomendações/restrições.</p> <p>Considerando que a atividade pode ser autorizada, devem-se observar as seguintes recomendações / restrições:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualquer tipo de instalações e/ou equipamentos utilizados durante a pesquisa deverão ser retirados após a realização da mesma.</li> <li>• O requerente deverá encaminhar ao DEPUC relatórios periódicos das atividades desenvolvidas, com a listagem do quantitativo de espécies coletadas.</li> <li>• Os resultados de pesquisas deverão ser apresentados para os gestores, funcionários e convidados interessados na gestão do parque, quando de sua saída, além da entrega, em meio impresso e digital (formato PDF), de cópia do trabalho final.</li> <li>• Encaminhamento de cópias de artigos publicados em decorrência dos trabalhos realizados.</li> <li>• É de responsabilidade da requerente, zelar pela segurança e integridade física dos participantes da pesquisa.</li> </ul> <p>Para qualquer esclarecimento entrar em contato Departamento das Unidades de Conservação da FLORAM, pelo telefone 3227-5480.</p> <p style="text-align: center;">   <b>Mario Davi Barbosa</b> <b>Marcelo José Figueiredo</b>          Superintendente <b>Diretor de Gestão Ambiental</b></p>											
<small>Esta Autorização não dispensa a obtenção prévia de Autorizações, Licenças ou Alvarás requeridas pela legislação Estadual e/ou Federal.</small>											