



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

João Paulo Ernzen

**Técnicas de manejo para o controle de *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* e  
introdução da planta facilitadora ectomicorrízica *Guapira opposita* como métodos de  
restauração da restinga**

Florianópolis  
2024

João Paulo Ernzen

**Técnicas de manejo para o controle de *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* e introdução da planta facilitadora ectomicorrízica *Guapira opposita* como métodos de restauração da restinga**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Emanuela Wehmuth Alves Weidlich

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Alice Neves

Florianópolis

2024

João Paulo Ernzen

**Técnicas de manejo para o controle de *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* e introdução da planta facilitadora ectomicorrízica *Guapira opposita* como métodos de restauração da restinga**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Licenciado em Ciências Biológicas” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 13 de junho de 2024.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniela Cristina De Toni  
Coordenação do Curso

**Banca examinadora**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Emanuela Wehmuth Alves Weidlich  
Orientadora  
Leuphana Universität Lüneburg

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Alice Neves  
Coorientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr<sup>ª</sup>. Ariadne Nóbrega Marinho Furtado  
Avaliadora  
Universidade Federal da Paraíba

---

Ma. Rubia Tatiana Secco  
Avaliadora  
Universidade Federal do Paraná

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Mayara Krasinski Caddah  
Avaliadora suplente  
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024

Ernzen, João Paulo

Técnicas de manejo para o controle de *Pteridium  
esculentum* subsp. *arachnoideum* e introdução da planta  
facilitadora ectomicorrízica *Guapira opposita* como métodos  
de restauração da restinga / João Paulo Ernzen ;  
orientadora, Emanuela Wehmuth Alves Weidlich,  
coorientadora, Maria Alice Neves, 2024.

65 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas,  
Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. controle de espécies  
invasoras. 3. micorrizas. 4. restauração ecológica. I.  
Weidlich, Emanuela Wehmuth Alves . II. Neves, Maria Alice.  
III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Ciências Biológicas. IV. Título.

Dedico este trabalho aos meus pais, Noemi e Iriceu, que sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra.

## AGRADECIMENTOS

Começo esta seção agradecendo primeiramente aos meus pais, Noemi e Iriceu, por sempre apoiarem minhas escolhas e me instigarem a correr atrás de meus sonhos. Se hoje estou aqui, me tornando biólogo, foi porque vocês sempre acreditaram em mim. Vocês me inspiraram a ser uma pessoa melhor e a nunca desistir. Amo vocês, eternamente.

Agradeço imensamente à Universidade Federal de Santa Catarina pela estrutura, pelas oportunidades e por todo aprendizado adquirido aqui. Sou e serei eternamente grato por ter cursado minha graduação em uma instituição pública, gratuita e de qualidade, que mesmo em meio a tantas tentativas de desmonte e sucateamento, continua sendo referência mundial, formando profissionais altamente qualificados e prestigiados. A universidade pública resiste! Viva a quinta melhor universidade do Brasil! Viva a UFSC!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsas de Iniciação Científica que proporcionaram minha permanência na universidade e me possibilitaram vivenciar a vida de pesquisador. O investimento na ciência é a chave para o desenvolvimento do país, é a chave para o futuro.

Às minhas orientadoras Emanuela e Maria Alice, por toda acolhida, aprendizado e, principalmente, pela linda amizade construída nesses últimos anos. Vocês são pessoas incríveis que tive o prazer de conhecer e conviver. Levarei seus ensinamentos comigo por toda vida. Obrigado por acreditarem em mim.

Às minhas queridas amigas Ariadne e Maria Eduarda (Duda), pesquisadoras incríveis e inspiradoras que tive o privilégio de conhecer. Agradeço a vocês por toda paciência, conversas, conselhos e ensinamentos compartilhados. O amor que vocês carregam pela nossa profissão me cativou e transformou a forma como vejo o mundo. Sou eternamente grato a vocês, por tudo.

Aos amigos que fui presenteado durante a graduação, Ana Julia, Cindy, Eneli, Lucas, Luísa, Marco, Petterson, Renata, Thomas e Victória. Vocês se tornaram minha segunda família e deixaram essa caminhada mais doce e leve. Com vocês cantei, chorei, surtei, amei e fui muito feliz. Sou muito grato por tudo que passamos juntos. Espero que possamos continuar cultivando essa amizade por muitos e muitos anos. Obrigado por tudo. Amo vocês!

À Duane, que me apresentou ao mundo das Myrtaceae. Sou grato pela amizade, conversas e pela oportunidade de trabalhar contigo. Muito obrigado!

À Naiara Francisca Ramos, minha querida amiga e professora, que me inspirou a seguir a carreira de biólogo. Muito obrigado por todo o suporte. Você foi fundamental.

À Fernanda, Lara e Mari, obrigado por me ouvirem, me aconselharem e estarem presentes em minha vida. Vocês são mulheres incríveis. Sou grato por ter cruzado com vocês em minha jornada. Obrigado pela parceria.

Aos queridos colegas que o MICOLAB e o grupo de pesquisa Trópico Ectomicorrizas me trouxeram. Cada um de vocês me marcou de formas diferentes. São tantas pessoas que não me perdoaria se esquecesse de citar alguém aqui. Por isso, deixo meu muito obrigado de maneira mais ampla. Vocês sabem que são especiais para mim.

À Gabi, Ivana, Júlio e Silvia pela parceria, pelos desabafos, brincadeiras e pela amizade. Sei o quanto torceram por mim e acreditam no meu potencial. Obrigado por tudo. Um viva aos caquedos!

Por fim, agradeço à banca examinadora Dra. Ariadne Furtado, Ma. Rubia Secco e Dra. Mayara Caddah, por terem aceito o convite de avaliar meu trabalho e contribuir para meu aperfeiçoamento como pesquisador.

#RespiraFunGo

“Ao longo do dia, mais filamentos se expandiram da raiz que eu havia exposto e escolhi alguns deles para seguir até a ponta, onde se enterravam em fragmentos de folhas ou galhos em decomposição. Mergulhei as pontas em um frasco de água para limpar a lama e olhei com uma lupa. As radículas se ramificavam como uma pequena árvore, e a superfície estava coberta por uma camada fina que parecia fresca e pegajosa. Eram essas estruturas delicadas que eu queria examinar. A partir dessas raízes, uma rede de fungos se estendia pelo solo e ao redor das raízes das árvores próximas. Sem essa teia de fungos, minha árvore não existiria. Sem teias de fungo similares, nenhuma planta existiria em qualquer lugar. Toda vida na Terra, inclusive a minha, depende dessas redes.”.

(Merlin Sheldrake, 2021, p.10)

## RESUMO

A vegetação costeira da Mata Atlântica, conhecida como restinga, é um ecossistema que abriga importante diversidade funcional e grande plasticidade fenotípica, apesar disso, esse ambiente vem sendo severamente ameaçado devido a ações antrópicas. Em ambientes degradados, o plantio de espécies facilitadoras pode promover a regeneração da área de forma mais rápida. Associações simbióticas, como as micorrizas, têm um papel importante para promover a sobrevivência de plantas, principalmente, em ambientes de condições extremas, como a restinga. A maioria dos estudos sobre restauração ecológica avalia atributos da parte aérea (e.g. características do caule e folhas), porém, pouco se sabe sobre o que acontece na parte superficial do solo, em processos de restauração, tampouco sobre a produtividade de raízes finas e associações micorrízicas. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar como diferentes métodos de controle da espécie superdominante *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum*, somados ao plantio da espécie facilitadora *Guapira opposita*, podem influenciar na produtividade de raízes finas e na quantidade e diversidade de pontas ectomicorrizadas em uma área de restinga degradada. Esta pesquisa usou como objeto de estudo uma área de restinga protegida situada no Monumento Natural Municipal da Lagoa do Peri (MONA), Florianópolis/SC, Brasil. A área é parcialmente degradada e tem espécies nativas superdominantes e espécies exóticas invasoras que impedem ou limitam a regeneração natural da vegetação, de tal forma que o manejo dessas espécies torna-se necessário para que a vegetação nativa regenere. Neste experimento, buscamos comparar quatro tratamentos que integram técnicas de controle mecânico e mecânico-químico da samambaia somado ao plantio de indivíduos de *G. opposita*. Coletas de solo foram realizadas em triplicata nas vinte parcelas, a fim de verificar se havia diferenças significativas na produtividade de raízes finas e na quantidade de pontas de raízes micorrizadas frente aos tratamentos. As amostras coletadas foram analisadas e processadas em até 72h no Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Santa Catarina. Os dados processados foram analisados no software estatístico RStudio. Nossos resultados apontam que o método de controle mecânico somado ao plantio de *G. opposita* nas parcelas possibilita uma maior produtividade de raízes finas, um importante indicador da regeneração natural. Em relação à quantidade de ectomicorrizas, os tratamentos com a planta facilitadora tiveram uma quantidade significativamente maior de pontas ectomicorrizadas contabilizadas. Nossa pesquisa também possibilitou reconhecer, diferenciar e descrever morfologicamente vinte e dois morfotipos ectomicorrízicos, sendo Thelephoraceae o táxon fúngico mais representativo, com cerca de 600 pontas micorrizadas contabilizadas. Dos vinte e dois morfotipos, onze foram reconhecidos como ectomicorrizas guapirioides, quatro como ectomicorrizas exóticas e cinco não tiveram identificação confirmada. Nosso estudo demonstra que a combinação de metodologias para a restauração e controle de espécies superdominantes é necessária para a regeneração natural em restinga, além de sugerir a existência de uma diversidade de organismos muito maior do que a conhecida, sobre e sob o solo.

**Palavras-chave:** controle de espécies invasoras; micorrizas; restauração ecológica.

## ABSTRACT

The coastal vegetation Atlantic Forest in Brazil, so called *restinga*, is an ecosystem that houses important functional diversity and great phenotypic plasticity. This environment has been severely threatened due to human actions and is considered a hotspot of biodiversity. In such degraded environments, planting nurse plant species can promote facilitative effects that faster natural regeneration. Symbiotic associations, such as mycorrhizae, play an important role in promoting the survival of seedlings, especially in harsh environments such as *restinga*. Most studies on ecological restoration evaluate aboveground traits (e.g. stem and leaves traits), and little is known about what happens belowground in plant communities under restoration. It includes fine roots productivity and mycorrhizal associations. This research used a protected area of *restinga* located in an island in southern Brazil (Florianópolis) as a model to evaluate the effects of using different invasive species control methods and using a nurse plant (*Guapira opposita*) on fine root productivity and ectomycorrhizae in a degraded *restinga* area. The study area is partially degraded and has super dominant native species (*Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum*) and invasive alien species that prevent or limit the natural regeneration, in such a way that management practices are needed so that the native vegetation can regenerate. We compared four treatments that integrate mechanical and chemical control combined with the nurse plant. Soil samples were collected to obtain roots in the twenty plots, in order to verify whether there were differences in the productivity of fine roots and the number of mycorrhizal root tips between treatments. Samples were analyzed and processed within 72 hours and data were processed using the RStudio statistical software. Our results indicate that the mechanical control method combined with the planting of *G. opposita* led to greater fine roots productivity, which is an important indicator of natural regeneration. In addition, treatments with nurse plant had greater amount of ectomycorrhizae. We were also able to identify, differentiate and morphologically describe twenty-two ectomycorrhizal morphotypes, with Thelephoraceae being the most representative fungal taxon, with around 600 mycorrhizal tips recorded. Of the twenty-two morphotypes, eleven were recognized as guapirioid ectomycorrhizae, four as exotic ectomycorrhizae and five had no confirmed identification. Our study allows to conclude that the combination of methodologies for the restoration and control of super dominant species is necessary for natural regeneration in *restinga* and suggests the existence of a much greater diversity of microbiota than known above and belowground.

**Keywords:** invasive species control; mycorrhizae; ecological restoration.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Desenho esquemático dos quatro tipos principais de micorrizas. A. Ectomicorriza: caracterizadas por um manto de hifas que recobre a ponta da raiz, uma rede de Hartig em torno das células da epiderme e do córtex da raiz, e hifas extraradiculares. B. Micorriza arbuscular: caracterizadas pela presença de arbúsculos intracelulares nas células do córtex da raiz e pela presença de hifas inter e intracelulares. C. Micorriza orquidoide: associadas a membros da família Orchidaceae, caracterizadas pela presença de hifas formando novelos intracelulares nas células corticais das raízes de orquídeas. D. Micorriza ericoide: associadas às raízes de plantas da família Ericaceae, são endófitas e caracterizam-se pela presença intracelular de hifas enroladas (pelotões), localizadas sobretudo nas células epidérmicas.

**Figura 2**– Desenho esquemático comparando uma raiz sem ectomicorriza e uma raiz com ectomicorriza guapirióide. A. Raiz de *Guapira opposita* sem ectomicorriza com células epidermais e pelos radiculares visíveis. B. Raiz de *Guapira opposita* com manto ectomicorrízio e ausência das células epidermais; rede de Hartig ausente.

**Figura 3** – Localização do MONA da Lagoa do Peri e da área do experimento, situados na Ilha de Santa Catarina. A demarcação em amarelo representa os limites da Unidade de Conservação. O ponto vermelho indica a posição da área de estudo.

**Figura 4** – Vista aérea da área de estudo: geolocalização dos pontos de coleta dos tratamentos: tratamento 1 (roxo), tratamento 2 (laranjado), tratamento (azul) e tratamento 4 (amarelo).

**Figura 5** – Cronograma de atividades feitas durante os vinte e seis meses de experimento. Estão pontuadas aqui as principais atividades desenvolvidas em campo até a última coleta de 2023. Como esse experimento tem caráter de longa duração, a área continua sendo monitorada.

**Figura 6** – Influência do plantio da espécie facilitadora *Guapira opposita* na produtividade de raízes finas registradas nas parcelas. Asterisco (\*) indica diferença significativa ( $P < 0,05$ ) (entre os tratamentos).

**Figura 7** – Influência do método de controle mecânico e mecânico-químico na produtividade de raízes finas registradas nas parcelas. Asterisco (\*) indica diferença significativa ( $P < 0,05$ ) (entre os tratamentos).

**Figura 8** – Influência do plantio da espécie facilitadora *Guapira opposita* na quantidade de raízes com ectomicorrizas registradas nas parcelas. Asterisco (\*) indica diferença significativa ( $P < 0,05$ ) (entre os tratamentos).

**Figura 9** – Influência do método de controle mecânico e mecânico-químico na relação da quantidade de ectomicorrizas registradas nas parcelas.

**Figura 10** – Relação dos táxons fúngicos mais representativos no experimento.

**Figura 11** – Morfotipo ectomicorrízico de *Oidiodendron maius* G.L. Barron associado a uma planta da família Lauraceae Juss. encontradas na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri.

**Figura 12** – Ectomicorrizas guapirioides: morfotipos ectomicorrízicos associados às raízes da planta *Guapira opposita* encontrados na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. *Austroboletus festivus* (morfotipo 1). B. Eurotiomycetes (morfotipo 3). C. *Russula puiggarii* (morfotipo 17). D. Thelephoraceae sp.1 (morfotipo 2). E. Thelephoraceae sp.2 (morfotipo 20). F. Thelephoraceae sp.3 (morfotipo 9). G. *Tomentella* sp.1 (morfotipo 5). H. *Tomentella* sp.2 (morfotipo 4). I. *Tomentella* sp.3 (morfotipo 6). J. *Tomentella* sp.4 (morfotipo 15). K. *Tomentella* sp.5 (morfotipo 16). L. *Tomentella* sp.6 (morfotipo 32).

**Figura 13** – Ectomicorrizas exóticas: morfotipos ectomicorrízicos associados às raízes de plantas exóticas invasoras encontradas na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. *Pisolithus* sp. (morfotipo 11). B. *Scleroderma* sp.1 (morfotipo 8). C. *Scleroderma* sp.2 (morfotipo 19). D. *Suillus* sp. (morfotipo 7).

**Figura 14** – Ectomicorrizas não identificadas (NID): ectomicorrizas não identificadas encontradas na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. NDI 3 (morfotipo 14). B. NDI (morfotipo 22). C. NDI 5 (morfotipo 23). D. NDI 6 (morfotipo 24). E. NDI 9 (morfotipo 27).

**Figura 15** – Basidiomas de táxons ectomicorrízicos registrados na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. *Amanita viscidolutea*. B. *Amanita* sp1. C. *Amanita* sp2. D. *Amanita* sp.3. E. *Amanita* cf. *rubescens*. 4. F. *Austroboletus festivus*. G. *Clavulina* sp. H. *Coltricia* sp. I. *Laccaria* sp. J. *Lactifluus* sp. K. *Pisolithus* sp. L. *Russula puiggarii*. M. *Scleroderma* sp. N. *Suillus* sp. O. *Trechispora* cf. *thelephora*.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Tratamentos utilizados no experimento, compostos pela combinação de níveis de dois fatores – plantio de espécie facilitadora e método de controle da espécie superdominante.
- Tabela 2** – Fungos ectomicorrízicos relatados como associados a ecossistemas de restinga – Registro de fungos ectomicorrízicos de ocorrência natural, hospedeiro potencial e/ou sequência isolada de basidiomas ou raízes.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aff. - *affinis*

ANOVA - Análise de variância

C - Celsius

cf. - *conferatum*

cm – centímetros

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DEPUC - Departamento de Unidades de Conservação da Floram

ECM - ectomicorriza

e.g. - *exempli gratia* (por exemplo)

*et al.* – *et alii* (e colaboradores)

FLORAM – Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis

GPS - Global Positioning System

mm - milímetros

MONA - Monumento Natural

sp. - espécie

subfam. - subfamília

subsp. - subespécie

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	A MATA ATLÂNTICA E A RESTINGA.....	16
1.2	AÇÕES ANTRÓPICAS E PROBLEMÁTICAS AMBIENTAIS.....	17
1.3	DA PERTURBAÇÃO À RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	18
1.4	ATRIBUTOS ECOLÓGICOS: BIOMASSA DE RAÍZES .....	19
1.5	A SIMBIOSE MICORRÍZICA: DESCRIÇÃO, IMPORTÂNCIA E TIPOS .....	19
1.6	MICORRIZAS E BIOMASSA DE RAÍZES NO CONTEXTO DA RESTAURAÇÃO.....	22
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	24
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAL E METODOS .....</b>	<b>24</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	24
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	25
3.3	OBTENÇÃO DAS MUDAS DE <i>GUAPIRA OPPOSITA</i> .....	27
3.4	COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	28
3.5	AVALIAÇÃO DE PRESENÇA DE ECTOMICORRIZAS .....	28
3.6	DESCRIÇÃO DE MORFOTIPOS .....	28
3.7	DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA SECA DE RAÍZES FINAS.....	28
3.8	ANÁLISE DE DADOS .....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
4.1	AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE RAÍZES FINAS E ECTOMICORRIZAS .....	29
4.2	MORFOTIPAGEM DE ECTOMICORRIZAS.....	32
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>42</b>
5.1	ALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE RAÍZES FINAS E ECTOMICORRIZAS .....	42
5.2	MORFOTIPAGEM DE ECTOMICORRIZAS.....	46
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>51</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
	<b>ANEXO A – FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS RELATADOS COMO ASSOCIADOS A ECOSSISTEMAS DE RESTINGA.....</b>	<b>62</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 A MATA ATLÂNTICA E A RESTINGA

A Mata Atlântica é um domínio fitogeográfico que se distribui pela maior parte da costa brasileira. Sua vegetação é constituída de uma cobertura florestal muito diversa (e.g. Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Restinga) (Klein, 1979; Apremavi, 2024), podendo apresentar grande heterogeneidade ambiental de acordo com as condições climáticas e de relevo encontradas em cada região (Cagliioni *et al.* 2018). Uma das fitofisionomias da Mata Atlântica é a vegetação costeira, presente ao longo de todo litoral brasileiro, denominada de restinga. Restinga é um termo geomorfológico e botânico, aplicado às planícies arenosas costeiras formadas no período Quaternário (Zamith & Scarano, 2006). Esta se estende por cerca de 5000 km, desde o Pará até o Rio Grande do Sul (Araújo & Lacerda, 1987).

A restinga sulbrasileira é caracterizada como “um conjunto de ecossistemas que abrange comunidades florísticas muito diversificadas, encontradas em terrenos predominantemente arenosos, de origens marinha, fluvial, lagunar, eólica ou combinações destas, em geral com solos pouco desenvolvidos” (Falkenberg, 1999). O solo de textura arenosa é geralmente pobre em matéria orgânica devido à baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, e o ambiente tem alto nível de salinidade por causa da proximidade com o oceano (Falkenberg, 1999; Gomes, 2002; Marques; Silva & Liebsch, 2015). Por se tratar de um solo pobre em nutrientes, as espécies vegetais que habitam a restinga são aquelas que possuem mecanismos de adaptação que proporcionem estabilidade, para que cresçam e se estabeleçam com sucesso (Scarano, 2002). Ecologicamente, além de abrigar uma enorme diversidade, a restinga funciona como uma zona tampão entre o oceano e a floresta, controlando inundações e marés, atuando na regulação do ciclo da água, purificação do ar e das águas, regulação climática, controle de enchentes e provisão de recursos naturais (Kotler, 2004; SOS Mata Atlântica, 2021; Costa; Barreto & Moura, 2014).

A urbanização e a crescente atividade humana têm levado a uma desestabilização progressiva dos componentes biológicos e paisagísticos da restinga, visto que a maioria das grandes cidades brasileiras estão localizadas no litoral (Zamith & Scarano, 2006; Gomes, 2022). A introdução de espécies exóticas invasoras, visando a estabilização de dunas costeiras e o reflorestamento com fins econômicos, também são fatores que contribuíram fortemente para a degradação da restinga (Plucênio *et al.* 2013). Entre os ecossistemas brasileiros, a restinga talvez seja uma das áreas de maior instabilidade, quer seja pelo solo arenoso, ou pelo

intenso crescimento urbano desordenado, que exerce grandes pressões na expansão imobiliária, desmatamento, plantio de espécies exóticas invasoras e poluição (Gomes, 2002).

## 1.2 AÇÕES ANTRÓPICAS E PROBLEMÁTICAS AMBIENTAIS

As atividades humanas são responsáveis por degradar quase dois terços de todos os ecossistemas, com consequências significativas para a diversidade biológica, funcionamento do ecossistema e fornecimento de serviços ecossistêmicos (Neuenkamp *et al.* 2019). O mau uso da terra somado à introdução de espécies exóticas invasoras são as principais causas de perda da biodiversidade (Living Planet, 2022). Muitas das mudanças ocorridas na cobertura vegetal são ocasionadas pela substituição da vegetação nativa por áreas de cultivo agrícola ou plantações florestais comerciais (Oliveira *et al.* 2017; Chagas, 2018).

Do ponto de vista ecológico, locais degradados apresentam alterações nas propriedades químicas e físicas do solo, que possibilitam um maior potencial de invasão ou superpopulação de espécies vegetais (Rodrigues *et al.* 2011). O desequilíbrio de ecossistemas pode liberar espécies nativas de seus fatores limitantes, desencadeando a sua proliferação de maneira descontrolada, fazendo com que elas se comportem como invasoras, alterando a estrutura e a dinâmica de comunidades. A essas espécies pode-se atribuir o termo ‘superdominantes’ (Matos & Paviello, 2009). Além da proliferação de espécies superdominantes, ecossistemas desequilibrados se tornam suscetíveis à colonização e espécies invasoras como a gramínea *Melinis minutiflora* (capim-gordura), uma planta extremamente agressiva que compete com sucesso com a flora nativa (Martins, 2006).

Populações de plantas com altas taxas de propagação e rápido crescimento criam sérios problemas ecológicos em ambientes naturais, pois podem formar monoculturas massivas (Barbosa *et al.* 2008). Este é o caso da samambaia rizomatosa *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Kaulf.) Maxon (Dennstaedtiaceae), uma espécie com potencial superdominante, encontrada em áreas antropizadas da Mata Atlântica (Silva & Matos, 2006). Quando dominam áreas em estágios iniciais de sucessão, os indivíduos de *P. esculentum* subsp. *arachnoideum* originam um dossel denso que dificulta a chegada de propágulos de espécies nativas, o que acarreta em um empobrecimento no banco de sementes (Carvalho *et al.* 2019), além de alterar a qualidade nutricional do solo, afetando negativamente as comunidades locais (Jatoba, 2016).

Na restinga do Monumento Natural Municipal da Lagoa do Peri (MONA) *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* superpovoou diversas áreas degradadas oriundas de ações humanas. Essas áreas que naturalmente eram recobertas por vegetação arbustiva típica de

restinga perderam suas características ecológicas naturais, ficando suscetíveis à colonização descontrolada dessa samambaia e do capim-gordura (Silva 2022).

### 1.3 DA PERTURBAÇÃO À RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Um ambiente natural que foi degradado pode ter capacidade de se recuperar sozinho, porém, a velocidade de recuperação irá depender do nível de degradação e da resiliência do local (Dario, 2022). A restauração ecológica é “o processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SER, 2004), e visa restabelecer características da diversidade, estrutura e funcionamento históricos e típicos de condições pré-distúrbio encontradas em ecossistemas de referência (Brancalion *et al.* 2019).

As metodologias empregadas nos processos de restauração envolvem a restauração passiva ou ativa (Meli *et al.* 2017). Áreas sem potencial de aproveitamento inicial de regeneração natural necessitam de restauração ativa, que pode ser feita através de plantio de mudas, semeadura direta ou transposição de solo superficial. Em locais que possibilitam o aproveitamento inicial da regeneração natural a restauração passiva é recomendada, podendo ser assistida ou não assistida (Meli *et al.* 2017). No primeiro caso, a regeneração é conduzida através de metodologias de facilitação da expressão da regeneração natural, enquanto no segundo a regeneração natural é espontânea, sem nenhuma intervenção. Na metodologia de restauração ativa, o plantio inicial de espécies facilitadoras pode proporcionar recobrimento mais rápido do solo, reduzindo a competição de espécies nativas com as espécies invasoras e facilitando o estabelecimento de espécies nativas. Estudos sobre restauração de restinga no Brasil apontam o plantio de mudas como uma boa estratégia de restauração (Zamith & Scarano, 2006) e sugerem que espécies facilitadoras desempenham um papel importante na regeneração desse ecossistema (Dalotto *et al.* 2018).

A facilitação é uma interação ecológica na qual uma espécie causa um efeito positivo em outra (Callaway, 2009). Nas comunidades vegetais, a facilitação ocorre quando uma planta altera as condições do meio, favorecendo o desenvolvimento de outros indivíduos (Parmigiani, 2016). *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae Juss.) é uma espécie nativa da Mata Atlântica, que apresenta porte arbóreo/arbustivo, sendo amplamente distribuída no Brasil (Reitz, 1970; Lorenzi, 2002), e tem importante função durante a formação da fitofisionomia de restinga, pois exerce um papel como facilitadora (Dalotto, 2016; Dalotto *et al.* 2018).

Segundo Reitz (1970) e Dalotto (2016), no ecossistema de restinga *G. opposita* é registrada de forma abundante, podendo formar agrupamentos arbustivos muito densos nos

terrenos arenosos, pouco ondulados e próximos à praia. Nesse ambiente, os indivíduos de *G. opposita* fazem associações mutualísticas com fungos, denominadas ectomicorrizas (Vanegas-León, 2017; Corrales *et al.* 2018; Slodkowski, 2020; Furtado 2022b; Furtado *et al.* 2023a, Furtado *et al.* 2023b).

#### 1.4 ATRIBUTOS ECOLÓGICOS: BIOMASSA DE RAÍZES

Nos ecossistemas, a estimativa de biomassa pode ser um importante indicador relacionado à quantificação da ciclagem de nutrientes e à quantificação para fins energéticos, além de servir como base de informações para estudos de sequestro de carbono (Silveira, 2010). A biomassa de raízes é uma importante métrica para estimar o armazenamento de carbono subterrâneo em diferentes ecossistemas terrestres (Santos & Barbosa, 2016). O sistema radicular é constituído por raízes grossas e finas, cada grupo desenvolvendo funções diferentes. As raízes grossas estão responsáveis pela fixação das plantas no solo, enquanto as raízes finas têm a função de absorção (Selle *et al.* 2010). A definição de raízes finas é baseada principalmente no diâmetro da raiz ( $\leq 2$ mm de diâmetro) e na categorização em ordens de ramificação, que nomeia as raízes com pontas como de primeira ordem, e suas raízes de origem como de segunda ordem, e assim sucessivamente (Du *et al.* 2017). Embora as raízes finas contribuam com menos de 2% da biomassa das plantas, elas podem representar até 75% da produção primária líquida anual em florestas maduras e, portanto, desempenham um papel crucial nos ciclos florestais de carbono, nutrientes e água (Ostonen *et al.* 2011).

Em geral, as pontas das raízes finas atuam como uma interface entre a árvore e o solo para absorção de água e nutrientes, sendo a parte mais dinâmica do sistema radicular. Essa dinâmica constitui uma importante entrada de biomassa no solo e, conseqüentemente, de carbono e outros minerais (Noguchi *et al.* 2007; Chagas, 2018). Devido a essas interações complexas entre várias características de raízes finas e a biota do solo, é preciso compreender a plasticidade das características de raízes finas através do estudo do crescimento das raízes e das interações micorrízicas (Weemstra *et al.* 2016).

#### 1.5 A SIMBIOSE MICORRÍZICA: DESCRIÇÃO, IMPORTÂNCIA E TIPOS

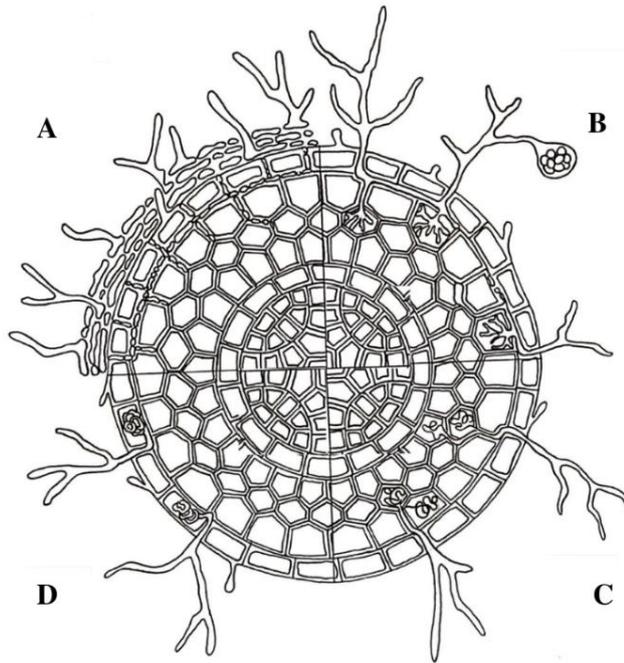
As interações simbióticas entre plantas e fungos são predominantes nos solos de todo o mundo e têm papéis importantes na colonização global por plantas terrestres. Associações micorrízicas são caracterizadas pela forma como o micélio do fungo interage com as raízes da planta simbiote e pela identidade dos simbiontes (Agerer, 1986; Martin *et al.* 2016) e são

divididas em 4 grupos principais: ectomicorrizas, micorrizas arbusculares, micorrizas orquidoides e micorrizas ericoides (Furtado *et al.* 2022a; Henriques *et al.* 2010) (Figura 1).

Endomicorrizas são caracterizadas pela penetração inter e intracelular de hifas na raiz da planta e ausência de manto fúngico externo à raiz, e inclui três tipos principais: arbusculares, ericoides, orquidoides (Antoniolli & Kaminski, 1991). As ectomicorrizas são caracterizadas pela presença de um manto micelial formando uma espécie de capa ao redor da raiz; e pela rede de Hartig, que é a interface de troca bidirecional da simbiose e penetra o espaço entre as células epidérmicas e/ou do córtex da raiz (Peterson & Massicotte, 2004). A simbiose micorrízica é a forma dominante de interação mutualística entre as raízes finas das árvores e arbustos e as hifas dos fungos nas florestas. Além da troca de nutrientes e água entre parceiros, essa simbiose pode aumentar a resistência das plantas hospedeiras a doenças e outros parasitismos (Smith & Read, 2010; Pereira *et al.* 2018).

Agerer (1986) categorizou ectomicorrizas de região temperada morfológica, anatomicamente e quimicamente, e criou um protocolo de descrição que inclui, além destas características, a identidade dos parceiros simbiotes (Agerer, 1987–2012). O processo de caracterização morfológica de ectomicorrizas é importante para a obtenção de resoluções filogenéticas mais naturais a respeito de espécies micorrízicas, pois agrega diversas informações relevantes para o reconhecimento da biologia dos táxons simbiotes (Comandini *et al.* 2012). A combinação de caracteres morfológicos de ectomicorrizas, junto com dados moleculares, pode fornecer informações mais claras que contribuem para aumentar o conhecimento acerca dos hábitos ecológicos do fungo e da planta hospedeira (Comandini & Rinaldi, 2001; Comandini *et al.* 2006; Furtado, 2022a; Furtado *et al.* 2022b).

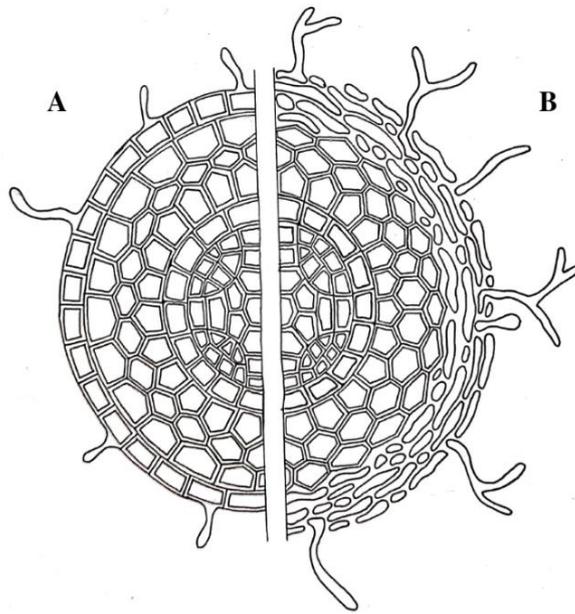
Figura 1 - Desenho esquemático dos quatro tipos principais de micorrizas. **A. Ectomicorriza:** caracterizadas por um manto de hifas que recobre a ponta da raiz, uma rede de Hartig em torno das células da epiderme e do córtex da raiz, e hifas extraradiculares. **B. Micorriza arbuscular:** caracterizadas pela presença de arbúsculos intracelulares nas células do córtex da raiz e pela presença de hifas inter e intracelulares. **C. Micorriza orquidoide:** associadas a membros da família Orchidaceae, caracterizadas pela presença de hifas formando novelos intracelulares nas células corticais das raízes de orquídeas. **D. Micorriza ericoide:** associadas às raízes de plantas da família Ericaceae, são endófitas e caracterizam-se pela presença intracelular de hifas enroladas (pelotões), localizadas sobretudo nas células epidérmicas. Texto adaptado de ©University of Coimbra - 2009.



Fonte: elaborado por Laura Maciel Moreira (2022)

Por muitos anos, a ocorrência de ectomicorrizas nas regiões tropicais e subtropicais do globo foi questionada (Tedersoo; Bahram & Zobel, 2020), no entanto, pesquisas demonstraram que ectomicorrizas têm uma distribuição ampla em diversos ecossistemas terrestres. Roy *et al.* (2017) trouxeram resultados importantes apontando a presença de simbiontes ectomicorrízicos em florestas subtropicais sul-americanas. Recentemente um novo tipo de ectomicorriza foi descrito para a região neotropical, no domínio fitogeográfico da Mata Atlântica, na restinga. Chamada de ectomicorriza guapirioide (Figura 2), a associação é formada entre as raízes da planta *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae) e fungos nativos da restinga (Furtado *et al.* 2023b). Diferentemente das ectomicorrizas de ecossistemas temperados que são bem ramificadas, e exibem um manto e uma rede de Hartig bem desenvolvidos, nas ectomicorrizas guapirioides, o manto é frequentemente inconspícuo, raro visível e ramificado, pois a raiz ‘perde’ a camada de epiderme, e não é observada a formação da rede de Hartig ou outras estruturas de transferência nos espaços intercelulares (Furtado *et al.* 2022a).

Figura 2 - Desenho esquemático comparando uma raiz sem ectomicorriza e uma raiz com ectomicorriza guapirioide. A. Raiz de *Guapira opposita* sem ectomicorriza com células epidérmicas e pelos radiculares visíveis. B. Raiz de *Guapira opposita* com manto ectomicorrizóico e ausência das células epidérmicas; rede de Hartig ausente.



Fonte: elaborado por Laura Maciel Moreira (2022)

## 1.6 MICORRIZAS E BIOMASSA DE RAÍZES NO CONTEXTO DA RESTAURAÇÃO

Estudos indicam que os fungos micorrízicos arbusculares são um dos principais mediadores de comunidades perturbadas e da sucessão de ecossistemas e, portanto, podem potencialmente contribuir para a restauração ecológica em diferentes escalas (Huante *et al.* 2012; Wang, 2017; Medeiros *et al.* 2022). Apesar disso, pouco se sabe sobre como as associações ectomicorrízicas podem atuar durante os processos de restauração. As interações simbióticas que ocorrem entre fungos e plantas apontam que as ectomicorrizas têm um papel potencialmente crítico durante as intervenções de restauração e manejo de ecossistemas (Hawkins *et al.* 2015). Pesquisas atuais indicam que o uso de fungos micorrízicos como ferramenta de restauração pode ser custo-efetivo e ter resultados a longo prazo (Policelli *et al.* 2020).

Segundo Neuenkamp *et al.* (2019) a presença de associações micorrízicas pode promover uma maior riqueza de espécies de plantas facilitando a restauração de comunidades vegetais. Kalucka & Jagodzinski (2016) afirmam que as associações ectomicorrízicas possam estar envolvidas em processos de regeneração pós-incêndio, melhorando a tolerância das plantas à absorção de contaminantes inorgânicos e a recuperação após invasões de plantas. Deste modo, entender a dinâmica da microbiota do solo, com foco nas associações ectomicorrízicas, torna-se fundamental para uma melhor compreensão de como a simbiose

pode atuar durante os processos de restauração ecológicas de áreas degradadas (Weidlich *et al.* 2020).

As estimativas de biomassa (e.g. aérea e subterrânea) devem levar em consideração fatores como o tipo da vegetação, características edáficas e formas de uso do solo durante sua quantificação, uma vez que essas condições influenciam diretamente na produção de biomassa de uma área (Silva, 2019). Embora as raízes finas representem uma parte relativamente pequena da biomassa total da planta, elas são o componente mais dinâmico dos sistemas radiculares com maiores taxas de produção e renovação (Sun *et al.* 2018). Por isso, um melhor conhecimento da produção de raízes finas, e da sua variação espaço-temporal, mediada pela regeneração da vegetação em áreas degradadas, é essencial para compreender a dinâmica de restauração de comunidades a longo prazo (Du *et al.* 2019).

Dentro deste contexto, esse trabalho foi feito em uma área protegida de restinga parcialmente degradada localizada em Florianópolis, SC, com espécies nativas superdominantes e não nativas invasoras. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do (i) uso de diferentes métodos de controle de espécies invasoras ou superdominantes, e (ii) do plantio de uma espécie facilitadora na produtividade de raízes finas e na quantidade e diversidade de ectomicorrizas em uma área de restinga degradada. Sendo assim, hipotetizamos que a combinação de diferentes métodos de controle empregados à espécie superdominante *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* somados ao plantio da espécie facilitadora *Guapira opposita* podem proporcionar um aumento significativo na quantidade de ectomicorrizas nas parcelas e na produtividade de raízes finas, resultando em um processo de regeneração mais rápido e eficiente.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar como a combinação de diferentes métodos de controle da espécie superdominante de samambaia, *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum*, somada ao plantio de *Guapira opposita*, uma espécie arbustiva facilitadora, pode influenciar na produtividade de raízes finas, na diversidade e quantidade de ectomicorrizas em uma área de restinga degradada em Florianópolis (MONA da Lagoa do Peri).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Averiguar de que forma os tratamentos podem afetar a produção de raízes finais;
- Verificar de que forma os tratamentos podem afetar a quantidade e diversidade de ectomicorrizas;
- Registrar a ocorrência de morfotipos ectomicorrízicos e descrevê-los.

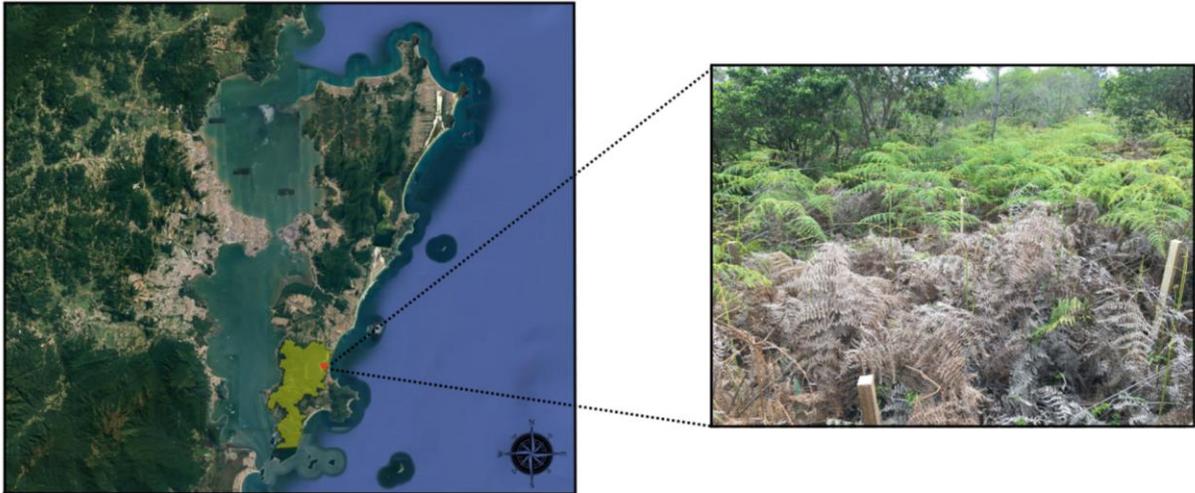
## 3 MATERIAL E METODOS

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Monumento Natural Municipal da Lagoa do Peri (MONA), situado na parte insular do município de Florianópolis, Santa Catarina, foi criado em 1981 pela Lei Municipal nº 1.828 (Florianópolis, 1981). Localizado no distrito do Pântano do Sul, na costa sudeste da ilha (Sbroglia & Beltrame, 2012), o MONA é considerado a maior Unidade de Conservação de Proteção Integral de Florianópolis (Pereira & Souza, 2019). Compreende uma área de 4.274,43 hectares abrigando uma importante área de restinga e Floresta Ombrófila Densa, assim como a bacia hidrográfica da Lagoa do Peri (FLORAM, 2024). Durante a década de 60, parte da vegetação nativa de restinga do MONA, constituída predominantemente por arbustos entremeados de ervas e subarbustos (Falkenberg, 1999), foi convertida em área de reflorestamento para fins econômicos, com o plantio de espécies exóticas como pinheiro e eucalipto (Plucênio et al., 2013) que impactaram a vegetação original (Caddah *et al.* 2021). O manejo de espécies exóticas nessa área vem sendo feito desde 2010, pela equipe do Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, entretanto, com a retirada dos indivíduos exóticos a fitofisionomia adquiriu uma característica mais aberta quando comparada à vegetação original e formou um substrato herbáceo bem desenvolvido, constituído principalmente pela presença de *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Silva, 2022). Este experimento foi instalado em uma área de restinga do MONA da Lagoa do Peri, sob autorização nº 026/2020 – DEPUC. O experimento conta com a parceria do

Laboratório de Invasões Biológicas – LEIMAC, responsável por avaliar os parâmetros de regeneração da área acima do solo. A área de estudo está ilustrada na Figura 3.

Figura 3 - Localização do MONA da Lagoa do Peri e da área do experimento, situados na Ilha de Santa Catarina. A demarcação em amarelo representa os limites da Unidade de Conservação. O ponto vermelho indica a posição da área de estudo.

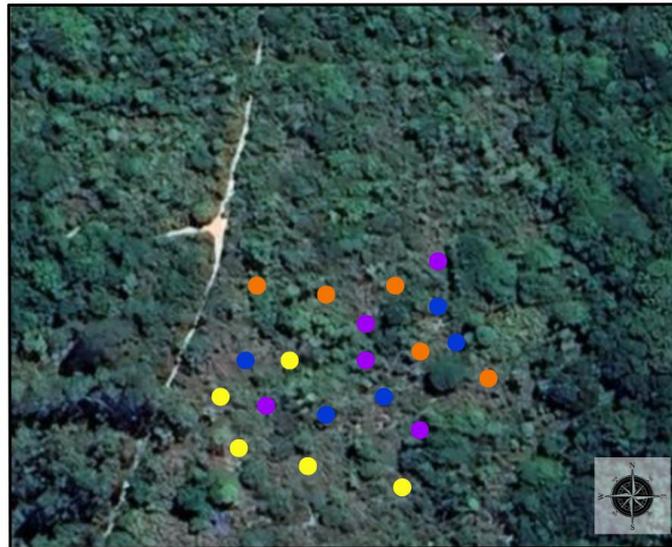


Fonte: elaborado pelo autor (2024)

### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi composto por quatro tratamentos, subdivididos em 20 parcelas de 2×2m em uma área de 80m<sup>2</sup>. As parcelas foram dispostas com espaçamento mínimo de três metros entre cada parcela. A geolocalização das vinte parcelas foi aferida por meio de GPS (Global Positioning System) e são mostradas na Figura 4. O experimento testou dois fatores: o método de controle da espécie superdominante e o uso de espécie facilitadora como nucleadora. O método de controle da espécie superdominante ocorreu de duas formas: (i) controle mecânico ou (ii) controle mecânico-químico. Indivíduos jovens da espécie facilitadora *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) foram plantados no centro de dez das vinte parcelas (Tabela 1).

Figura 4 - Vista aérea da área de estudo: geolocalização dos pontos de coleta dos tratamentos: tratamento 1 (roxo), tratamento 2 (laranjado), tratamento (azul) e tratamento 4 (amarelo).



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento, compostos pela combinação de níveis de dois fatores – plantio de espécie facilitadora e método de controle da espécie superdominante.

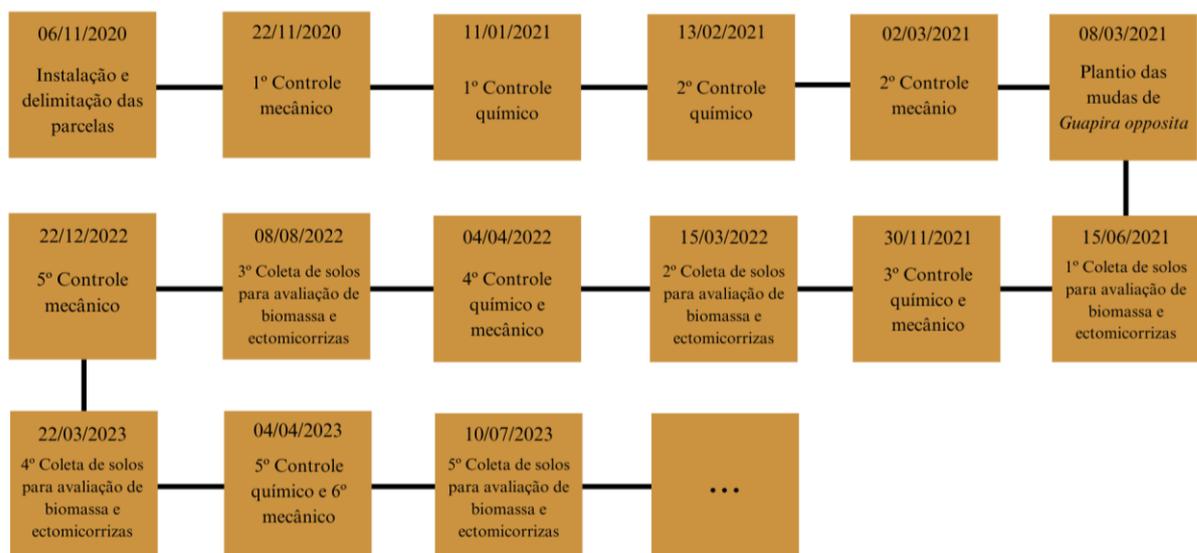
Plantio de espécie nativa arbustiva facilitadora	Método de controle da espécie nativa superdominante	
	Mecânico	Mecânico + químico
Não	Tratamento 1	Tratamento 3
Sim	Tratamento 2	Tratamento 4

Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Para fazer o controle mecânico de *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum*, as plantas foram roçadas rente ao solo em todas as parcelas, incluindo uma área de um metro no entorno de cada parcela (zona tampão). Nos tratamentos 1 e 2, cem dias após o primeiro controle mecânico foi feita uma segunda roçada, eliminando-se as samambaias que regeneraram no local (adaptado de Milligan *et al.* 2016). Nos tratamentos 3 e 4, quarenta dias após a roçada fez-se o controle químico com aspersão foliar pontual de herbicida à base de glifosato 2% (adaptado de Tu *et al.* 2001; Dechoum; Ziller, 2013; Milligan *et al.* 2016). A aplicação de herbicida foi feita com corante para ter controle das aplicações e aumentar o nível de segurança para os usuários do ambiente (Hi Light – Rigrantec Tecnologia para Sementes e Plantas S.A.). O controle químico foi feito pela segunda vez trinta dias após a primeira aplicação (adaptado de Milligan *et al.* 2016). O uso do controle químico foi feito sob condições apropriadas e técnicas específicas, evitando-se a aplicação em espécies não-alvo e

cumprindo rigorosamente as normas de segurança do trabalho e de proteção ambiental. Nos tratamentos 2 e 4, um indivíduo jovem de *G. opposita* foi plantado no centro de cada parcela cerca de uma semana após a segunda aplicação dos métodos de controle mecânico e químico. O cronograma de atividades está apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Cronograma de atividades feitas durante os vinte e seis meses de experimento. Estão pontuadas aqui as principais atividades desenvolvidas em campo até a última coleta de 2023. Como esse experimento tem caráter de longa duração, a área continua sendo monitorada.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Após seis meses de instalação do experimento, as primeiras amostras de solo foram coletadas para averiguar a presença de ectomicorrizas e quantificar a biomassa de raízes finas. Depois da primeira coleta de solo em junho de 2021, as coletas subsequentes aconteceram a cada seis meses, finalizando em julho de 2023, totalizando vinte e seis meses de experimento.

### 3.3 OBTENÇÃO DAS MUDAS DE *Guapira opposita*

Sementes oriundas de dez indivíduos adultos de *Guapira opposita* foram coletadas em áreas de restinga no Parque Natural Municipal das Dunas da Lagoa da Conceição (27°36'24''–27°38'39''S e 48°26'49''–48°28'05''O) no dia 21/04/2020. As sementes foram despulpadas, colocadas para secar ao ar livre e semeadas em uma bandeja com solo orgânico no dia 23/04/2020. A bandeja foi mantida em área parcialmente sombreada, seguindo a literatura (Lorenzi, 2002). A primeira semente germinou no dia 29/04/2020, e a porcentagem de germinação chegou a quase 90%. As mudas foram transplantadas para vasos com solo orgânico à medida que tinham o primeiro par de folhas expandido. Quando atingiram altura

superior a 20cm, as mudas de *G. opposita* foram plantadas no centro das parcelas dos respectivos tratamentos que possuíam a presença da planta facilitadora.

#### 3.4 COLETA E PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS

Amostras de solo das vinte parcelas foram coletadas para observação das raízes quanto à presença de ectomicorrizas e para quantificar a biomassa de raízes finas. As coletas foram feitas com o auxílio de um cilindro de coleta de solo com 30cm de comprimento e 4cm de diâmetro. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em refrigerador no Laboratório de Micologia da Universidade Federal de Santa Catarina. Cada amostra foi lavada sob água corrente, com auxílio de peneiras de solo, para limpeza e separação das raízes que foram analisadas até 72 horas depois de lavadas. Para tornar as análises estatísticas mais homogêneas e precisas, as coletas foram feitas em triplicatas, totalizando sessenta amostras ao fim de cada expedição.

#### 3.5 AVALIAÇÃO DE PRESENÇA DE ECTOMICORRIZAS

Fragments de raízes previamente processadas foram observadas em microscópio estereoscópico (OLYMPUS SZ61 Binocular Zoom Stereo Microscope) para reconhecer e quantificar a presença de ectomicorrizas, procurando diferenças estruturais morfoanatômicas. Foi estabelecido que a presença de manto, mudança de cor, espessamento ou ramificações nas pontas das raízes indicava a presença de ectomicorriza.

#### 3.6 DESCRIÇÃO DE MORFOTIPOS

As ectomicorrizas identificadas foram fotografadas em placas com água e descritos de acordo com os critérios estabelecidos pela literatura (Agerer, 1986–2012; Garibay-Orijel *et al.* 2013; Vanegas-León, 2017, Furtado, 2022b; DEEMY, 2024). Os morfotipos descritos foram reconhecidos comparativamente com os morfotipos já descritos e identificados através de análises moleculares. Os caracteres observados durante o processo de descrição foram: organização das hifas no manto, presença de hifas extrarradiculares, cordão micelial (rizomorfo) e tipo de sistema de exploração. Para a descrição das cores das ectomicorrizas utilizou-se o guia de cores Munsell Viewer (Version 5.0). Após descritos, os morfotipos foram armazenados em microtubos tipo eppendorf contendo álcool 70% e acondicionados em congelador, para análises posteriores.

#### 3.7 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA SECA DE RAÍZES FINAS

As amostras de raízes processadas foram armazenadas em sacos de papel kraft branco e levadas à estufa para secagem a 60°C por 72 horas. Depois de secas, as amostras foram pesadas individualmente em balança analítica de precisão para obtenção da biomassa

seca. Raízes com diâmetro  $\leq 2\text{mm}$  foram consideradas raízes finas. A densidade de biomassa seca das raízes foi feita pelo seguinte cálculo:

Cálculo da densidade ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ):  $D=m/v$

m: peso da biomassa seca;

v: volume do cilindro.

### 3.8 ANÁLISE DE DADOS

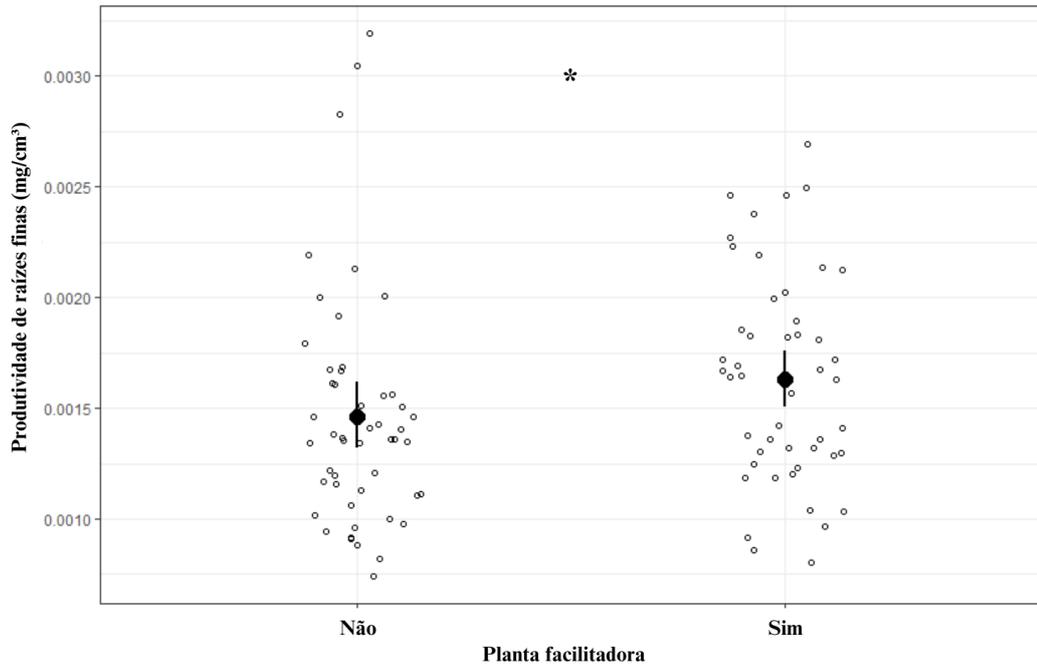
Testes de ANOVA foram feitos para verificar os efeitos do uso da espécie facilitadora e de métodos de controle da espécie superdominante no peso seco total da raiz e na quantidade de ECMs. Quando a hipótese nula foi rejeitada ( $P < 0,05$ ), os valores médios foram comparados pelo teste de Newman e Keuls (de Mendiburu 2015). Todas as análises foram feitas no software estatístico RStudio versão 1.2.5033 (RStudio Team, 2020).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 AVALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE RAÍZES FINAS E ECTOMICORRIZAS

Durante os vinte e seis meses de avaliação do experimento, trezentas amostras de solo foram processadas e analisadas em laboratório. Os três fatores testados (tempo, método de controle e uso de planta facilitadora) afetaram a produtividade de raízes finas da comunidade vegetal. Mais especificamente, nas parcelas onde as mudas de *G. opposita* foram inseridas, a biomassa de raízes finas foi maior do que nos tratamentos sem planta facilitadora (Figura 6).

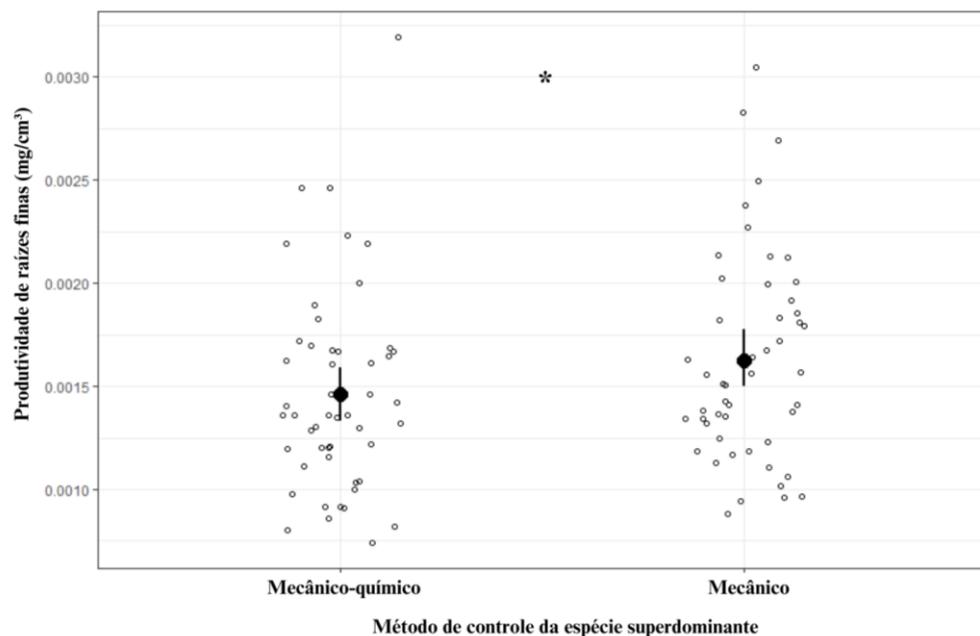
Figura 6 - Influência do plantio da espécie facilitadora *Guapira opposita* na produtividade de raízes finas registradas nas parcelas. Asterisco (\*) indica diferença significativa ( $P < 0,05$ ) (entre os tratamentos).



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Com relação ao efeito do controle da espécie superdominante na produtividade de biomassa de raízes finas nas parcelas (Figura 7), concluiu-se que as parcelas que receberam apenas o controle mecânico tiveram uma produtividade de biomassa de raízes finas relativamente maior do que as parcelas que receberam o controle mecânico e o químico.

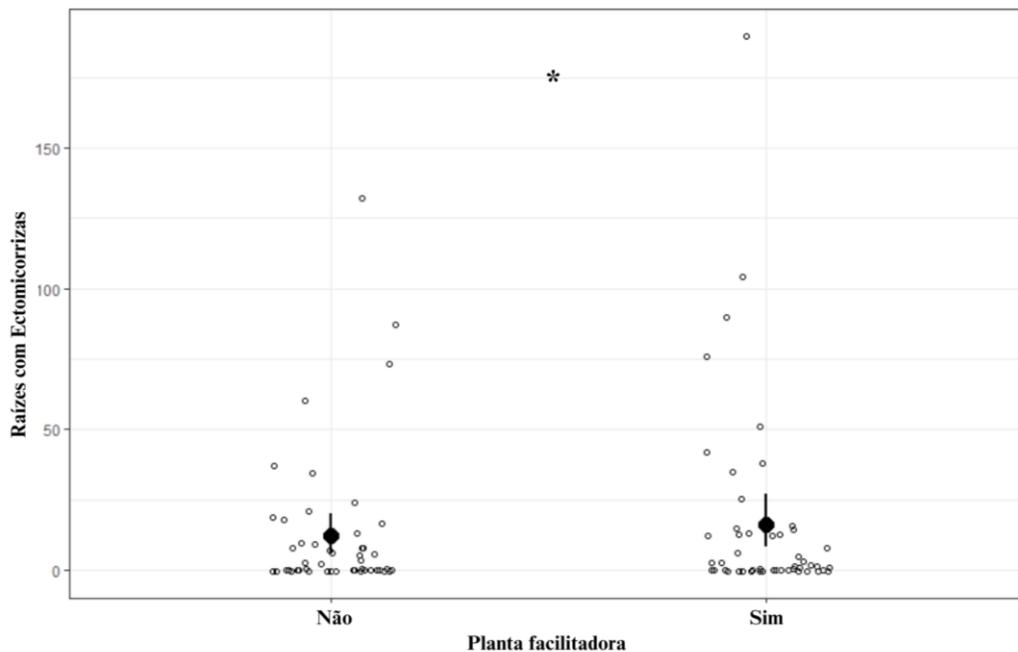
Figura 7 - Influência do método de controle mecânico e mecânico-químico na produtividade de raízes finas registradas nas parcelas. Asterisco (\*) indica diferença significativa ( $P < 0,05$ ) (entre os tratamentos).



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Ao testar o efeito da planta facilitadora na quantidade de raízes com ectomicorrizas (Figura 8), foi possível observar diferenças significativas entre os tratamentos. Tornou-se perceptível que nas parcelas onde a *Guapira opposita* foi inserida, uma maior quantidade de pontas ectomicorrizadas foi observada em comparação à área sem a planta facilitadora. Apesar disso, notou-se que o fator *tempo* afetou significativamente a quantidade de ectomicorrizas nas parcelas que continham a planta facilitadora, com aumento na quantidade de ECMs ao longo do tempo.

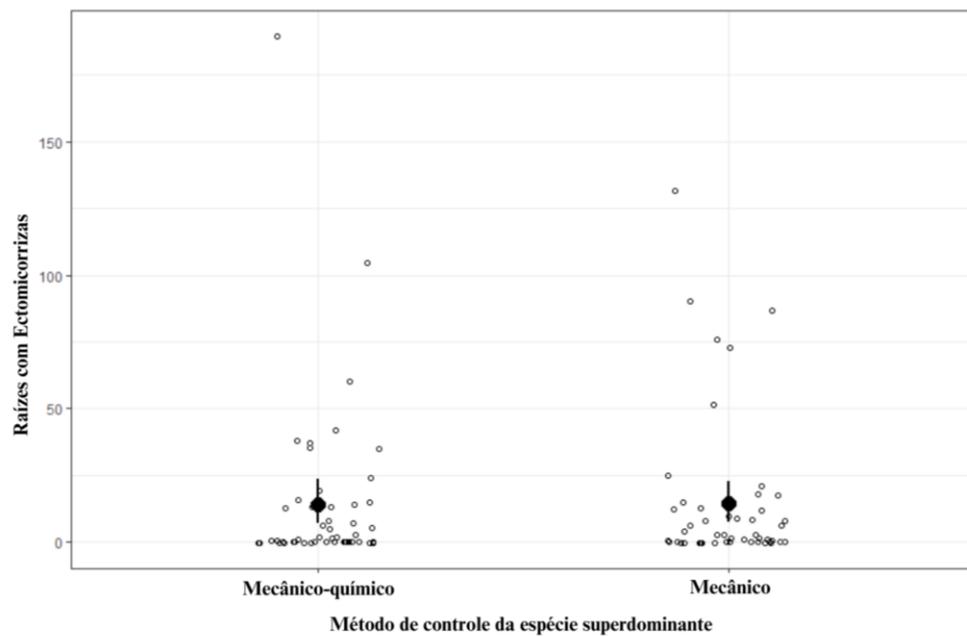
Figura 8 - Influência do plantio da espécie facilitadora *Guapira opposita* na quantidade de raízes com ectomicorrizas registradas nas parcelas. Asterisco (\*) indica diferença significativa ( $P < 0,05$ ) (entre os tratamentos).



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Com relação ao efeito do controle da espécie superdominante na quantidade de ectomicorrizas (Figura 9), não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos uma vez que a variação de pontas micorrizadas não foi influenciada pelos tratamentos utilizados. Ou seja, tanto o método de controle mecânico-químico quanto o método de controle mecânico aplicados neste experimento, não influenciaram a microbiota ectomicorrízica do solo.

Figura 9 - Influência do método de controle mecânico e mecânico-químico na relação da quantidade de ectomicorrizas registradas nas parcelas.



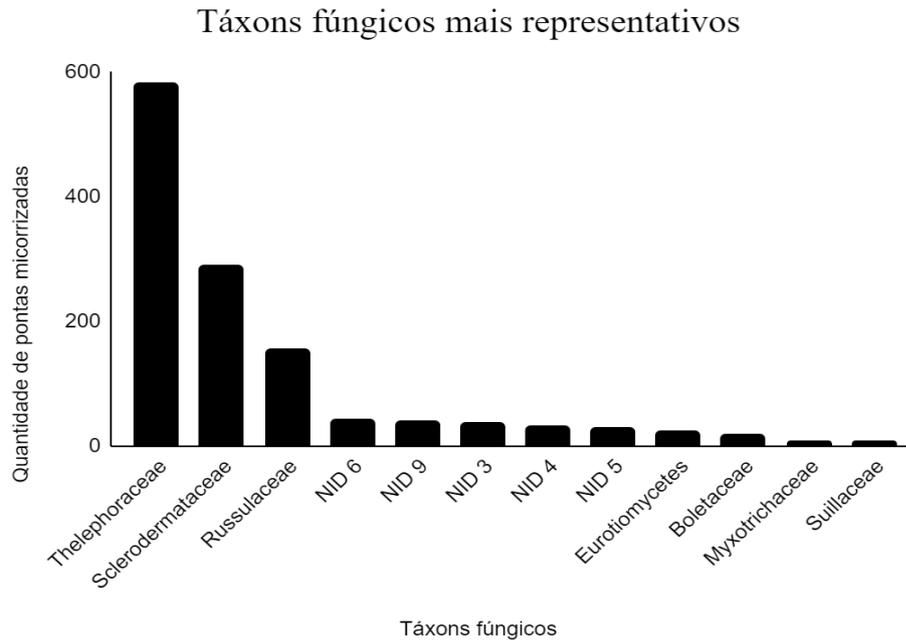
Fonte: elaborado pelo autor (2024)

#### 4.2 MORFOTIPAGEM DE ECTOMICORRIZAS

No total, vinte e dois morfotipos foram reconhecidos. Destes, dois pertencem ao filo Ascomycota e dezesseis ao filo Basidiomycota, e cinco não tiveram seus simbiontes identificados. Doze tiveram sua identificação confirmada em nível taxonômico de gênero ou espécie, sendo classificados como ectomicorrizas guapirioides (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M9, M15, M16, M17, M20, M32). Quatro morfotipos foram classificados como ectomicorrizas exóticas (M7, M8, M11, M19). Em cinco morfotipos não foi possível identificar os parceiros simbiontes (M14, M22, M23, M24, M27).

O táxon fúngico mais representativo no estudo foi a família Thelephoraceae, com cerca de 600 pontas micorrizadas contabilizadas, a maioria distribuída em seis espécies de *Tomentella*. O segundo táxon mais representativo foi a família Sclerodermataceae, com cerca de 300 pontas micorrizadas e identificadas como pertencentes aos gêneros *Scleroderma* e *Pisolithus*. Por fim, o terceiro táxon mais representativo foi a família Russulaceae, com cerca de 160 pontas micorrizadas da espécie *Russula puiggarii*. Os táxons registrados neste experimento são apresentados na Figura 10.

Figura 10 - Relação dos táxons fúngicos mais representativos no experimento.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

### **Caracterização morfológica das micorrizas:**

#### **1. *Oidiodendron maius* G.L. Barron + Lauraceae (Figura 11)**

Voucher: (M12a)

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, cilíndrico, sistema de exploração de curta distância. Eixo principal 2,7-3,6mm de comprimento e 0,6-0,8mm de diâmetro, com uma leve curvatura. Superfície do manto com aspecto fibriloso, denso, de coloração marrom avermelhada (2.5YR 3/6) na base, amarelo fosco (7.5Y 8/8) nas extremidades laterais e branco-creme (10.0Y 8/2) na porção central até a ponta. Rizomorfo ausente, poucas hifas extraradiculares presentes, esclerócio não observado.

Figura 11 - Morfotipo ectomicorrízico de *Oidiodendron maius* G.L. Barron associado a uma planta da família Lauraceae Juss. encontradas na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri.



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Ectomicorrizas guapirioides:

1. *Austroboletus festivus* (Singer) Wolfe + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12A**)

Voucher: (M1a);

Caracterização: Sistema micorrízico do tipo simples; cilíndrico, sem ramificações, majoritariamente denso com sistema de exploração de curta distância. Eixo principal reto, às vezes tortuoso, com 2,1-4,9mm de comprimento e 0,4-0,5mm de diâmetro. Hifas da superfície do manto do tipo lanosa/algodonosa, com porções fibrilosas de coloração ocre (5.0YR 5/10) que se concentram na região mediana do sistema micorrízico, com partes amareladas (2.5Y 8/12). Porções mais antigas de coloração vermelho escuro (2.5YR 1/4). Rizomorfo ausente. Emanando hifas de forma densa e abundante partindo de todas as direções. Esclerócio não observado.

2. Eurotiomycetes + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12B**)

Voucher: (M3a);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, curto, com projeção irregularmente pinada e sistema de exploração de contato. Eixo principal reto com 0,7-1,0mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro. Hifas que constituem a superfície do manto organizadas de forma regular, compactas a granuladas, de coloração marrom claro (7.5YR 6/4) na extremidade da raiz e marrom escuro (7.5YR 2/2) na região basal da raiz. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

3. *Russula puiggarii* (Speng.) Singer. + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12C**)

Voucher: (M17a), (M17b);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, cilíndrico, robusto, com sistema de exploração de contato. Eixo principal reto 1,3-1,9mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro. Hifas da superfície do manto organizadas de forma compacta, apresentando coloração creme escura próximo à base (2.5Y 7/8) e creme clara (2.5Y 9/6) na extremidade, quando jovens. Quando mais antigas, as porções mais extremas apresentam coloração caramelo (2.5Y 4/8). Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

4. *Thelephoraceae* sp.1 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12D**)

Voucher: (M2a);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, sistema de exploração de curta distância. Eixo principal 2,1-4,6mm de comprimento e 0,2-0,4mm de diâmetro, levemente curvado. Superfície do manto com aspecto esponjoso a verrucoso, de coloração marrom escuro (5.0YR 2/2). Fios de hifas pouco abundantes localizados próximo a base, Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

5. *Thelephoraceae* sp.2 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12E**)

Voucher: (M20a), (M20b);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, sistema de exploração de curta distância. Eixo principal com 2-3,4mm de comprimento e 0,3-0,4mm de diâmetro, levemente tortuoso. Superfície do manto composta de hifas compactas de aspecto liso e coloração marrom escura (5.0YR 3/2) em quase toda sua extensão, apresentando uma coloração castanho claro (7.5YR 6/8) na ponta. Hifas esparsas, emanando em grande quantidade na base do sistema micorrízico. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

6. *Thelephoraceae* sp.3 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12F**)

Voucher: (M9a);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, sistema de exploração de curta distância. Eixo principal com 1,6-2,2mm de comprimento e 0,2-0,4mm de diâmetro, às vezes com as pontas tortuosas. Superfície do manto composta de hifas compactas, organizadas regularmente de coloração castanho claro (2.5Y 9/6) próximo a base tornando-se a amarelo

translúcido (5.0Y 9/4) na ponta, quando jovens, e amarelo fosco (7.5Y 9/6) nas pontas mais antigas. Hifas esparsas em toda a superfície do manto. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

7. *Tomentella* sp.1 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12G**)

Voucher: (M5a);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, muitas vezes denso com sistema de exploração de curta distância. Eixo principal comumente irregular, com 1,1-4,8mm de comprimento e 0,4-0,5mm de diâmetro, de extremidade curvada ou tortuosa. As hifas que compõem a superfície do manto são predominantemente castanha-avermelhadas próximas à base (2.5YR 2/6) se tornando acastanhado (10.0R 3/6) na região mais extrema. Rizomorfo ausente. Emanando hifas de forma frequentemente esparsas sobre o manto. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

8. *Tomentella* sp.2 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12H**)

Voucher: (M4a)

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, sistema de exploração de média distância, subtipo liso. Eixo principal com 2,5-6mm de comprimento e 0,3-0,4mm de diâmetro. Superfície do manto com hifas compactas, majoritariamente lisa de coloração amarelada (5.0Y 8/8) em grande parte de sua extensão, tendo extremidade não ramificada de coloração branca translúcida (2.5Y 9/2). Fios de hifas raramente presentes na porção extrema. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

9. *Tomentella* sp.3 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12I**)

Voucher: (M6a);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, sistema de exploração de média distância. Aparece ligada entre duas micorrizas castanha-avermelhada (*Tomentella* sp.1). Eixo principal com 0,3-5mm de comprimento e 0,2-0,4mm de diâmetro. Superfície do manto de aspecto fibroso e pouco felpuda, de coloração amarelo-caramelo (5.0Y 8/10). Fios de hifas presentes de maneira mais esparsa, coloração amarelo-translúcido (5.0Y 9/4). Emanando hifas abundantemente. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

10. *Tomentella* sp.4 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12J**)

Voucher: (M15a); (M15b), (M15c);

Caracterização: Sistema micorrízico monopodial-pinado, 13,2-15mm de comprimento, não ramificado, sistema de exploração de contato. Eixo principal com 0,2-0,4mm de diâmetro. Superfície do manto composta de hifas compactas, de coloração marrom escuro (7.5YR 2/2) a marrom avermelhado (2.5YR 3/4) com aspecto liso a esponjoso, que tende a ficar ligeiramente verrucoso conforme o envelhece, de coloração marrom escura (5.0YR 2/2). Extremidades retas, com algumas curvas, não ramificadas, 5-11,2mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro. Fios de hifas raros ou ausentes. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

11. *Tomentella* sp.5 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12K**)

Voucher: (M16a), (M16b), (M16c), (M16d);

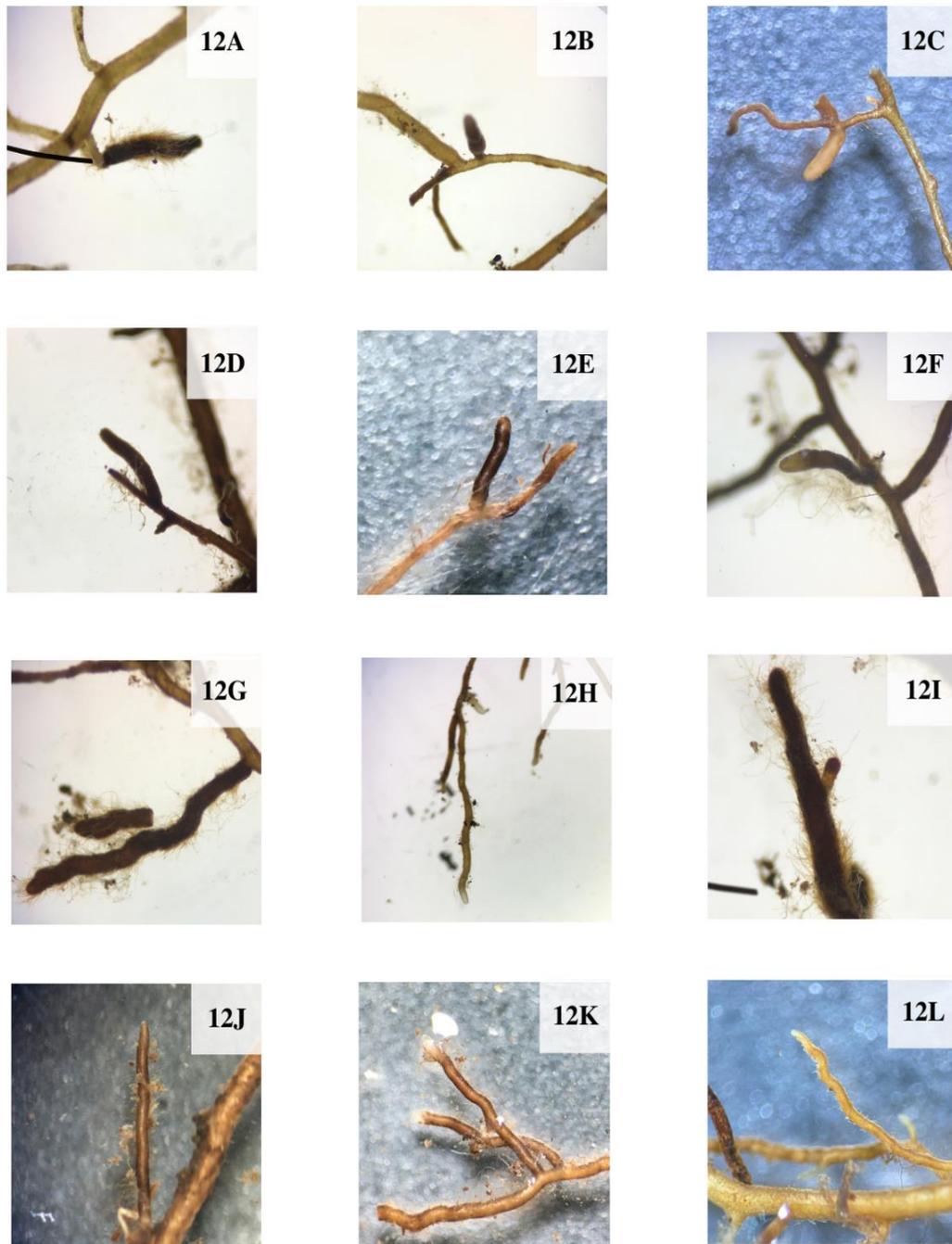
Caracterização: Sistema micorrízico monopodial-pinado, 13-20mm de comprimento, não ramificado, sistema de exploração de contato. Eixo principal com 0,2-0,3mm de diâmetro. Superfície do manto composta de hifas compactas, ligeiramente brilhosas, com aspecto esponjoso de coloração castanha-acobreada (5.0YR 6/8) em quase toda sua extensão, apresentando coloração perolada (7.5Y 9/2) na ponta. Extremidades tortuosas, não ramificadas, com 3-8,1mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro. Fios de hifas esparsos sobre toda a superfície do manto. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

12. *Tomentella* sp.6 + *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (**Figura 12L**)

Voucher: (M32a), (M32b);

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, sistema de exploração de contato. Eixo principal 2,6-5mm de comprimento e 0,2-0,4mm de diâmetro, tortuoso a curvado. Superfície do manto com aspecto regularmente liso de coloração caramelo (5.0Y 8/10) em toda sua extensão, apresentando coloração perolada (7.5Y 9/2) na ponta. Fios de hifas pouco abundantes e esparsos sobre toda a superfície do manto. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

Figura 12 - Ectomicorrizas guapirioides: morfotipos ectomicorrízicos associados às raízes da planta *Guapira opposita* encontrados na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. *Austroboletus festivus* (morfotipo 1). B. Eurotiomycetes (morfotipo 3). C. *Russula puiggarii* (morfotipo 17). D. Thelephoraceae sp.1 (morfotipo 2). E. Thelephoraceae sp.2 (morfotipo 20). F. Thelephoraceae sp.3 (morfotipo 9). G. *Tomentella* sp.1 (morfotipo 5). H. *Tomentella* sp.2 (morfotipo 4). I. *Tomentella* sp.3 (morfotipo 6). J. *Tomentella* sp.4 (morfotipo 15). K. *Tomentella* sp.5 (morfotipo 16). L. *Tomentella* sp.6 (morfotipo 32).



Ectomicorrizas exóticas:

1. *Pisolithus* sp. + *Eucalyptus* sp. (Figura 13A)

Voucher: (M11a), (M11b);

Caracterização: Sistema micorrízico dicotômico, cilíndrico, ramificação presente do tipo monopodial-pinada ou monopodial-piramidal, sistema de exploração de contato. Eixo principal 0,6-2,7mm de comprimento e 0,3-0,4mm de diâmetro. Manto com hifas compactas de coloração dourada (7.5YR 8/16) com ponta puxando para coloração acobreada (7.5YR 5/8). Extremidades ramificadas, cilíndricas, pouco infladas com duas a cinco ramificações. Fios de hifas raros ou ausentes. Rizomorfos pouco frequentes. Esclerócio não observado.

2. *Scleroderma* sp.1 + *Pinus* sp. (Figura 13B)

Voucher: (M8a), (M8b);

Caracterização: Sistema micorrízico dicotômico, cilíndrico, ramificações presentes e abundantes do tipo dicotômicas ou coralóides, sistema de exploração de longa distância. Eixo principal com 0,7-2,6mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro. Superfície do manto lisa e compacta, de coloração amarelo escuro (2.5Y 8/16) formando anéis distribuídos por toda superfície de coloração marrom escuro (2.5Y 3/2). Emanando hifas de forma abundante, sem apresentar um padrão de distribuição. Rizomorfos pouco frequentes. Esclerócio ausente.

3. *Scleroderma* sp.2 + *Pinus* sp. (Figura 13C)

Voucher: (M19a)

Caracterização: Sistema micorrízico dicotômico, cilíndrico, ramificações presentes e abundantes, do tipo coraloide, sistema de exploração de longa distância. Eixo principal com 3,2-6mm de comprimento e 0,3-0,5mm de diâmetro. Superfície do manto lisa, com hifas frouxamente lanosas e regulares de coloração marrom clara (10.0YR 5/6) e anéis distribuídos por toda superfície de coloração âmbar (10.0YR 3/4). Pode apresentar cristais. Rizomorfos frequentes. Esclerócio ausente.

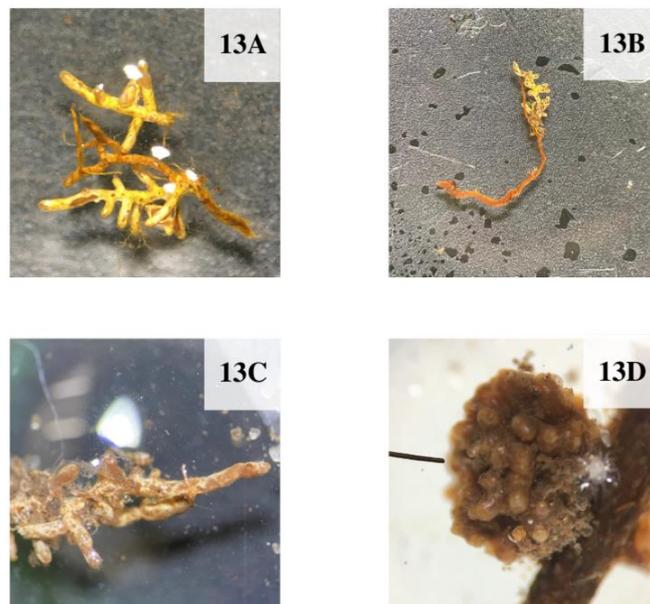
4. *Suillus* sp. + *Pinus* sp. (Figura 13D)

Voucher: (M7a), (M7b), (M7c);

Caracterização: Sistema micorrízico coraloide, com ramificações presentes e abundantes, semelhantes a um cacho, sistema de exploração de longa distância. Projeções que compõem

eixo coraloide com 0,8-1mm de comprimento e 0,4-0,6mm de largura. Superfície do manto regular, lisa, de coloração marrom claro (10.0YR 4/4) ao longo de toda extensão e frouxamente lanoso. Emanando hifas de forma frequente. As extremidades da ramificação são ligeiramente infladas. Rizomorfos frequentes. Esclerócio não observado.

Figura 13 - Ectomicorrizas exóticas: morfotipos ectomicorrízicos associados às raízes de plantas exóticas invasoras encontradas na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. *Pisolithus* sp. (morfotipo 11). B. *Scleroderma* sp.1 (morfotipo 8). C. *Scleroderma* sp.2 (morfotipo 19). D. *Suillus* sp. (morfotipo 7).



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

Ectomicorrizas não identificadas (NID):

1. NID 3 (Figura 14A)

Voucher: (M14a)

Caracterização: Sistema micorrízico simples, não ramificado, sistema de exploração de curta distância. Eixo principal 1,6-4mm de comprimento e 0,3-0,5mm de diâmetro, curvado, com pontas levemente infladas. Superfície do manto reticulada a fibrilosa, de coloração bege (2.5Y 9/2) em toda sua extensão. Fios de hifas esparsos se projetando na forma de pequenos emaranhados esféricos. Rizomorfos ausentes. Esclerócio não observado.

## 2. NID 4 (Figura 14B)

Voucher: (M22a);

Caracterização: Sistema micorrízico irregularmente pinado, ramificado, sistema de exploração de contato. Eixo principal com 1,6-2,4mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro, bastante tortuoso. Superfície do manto reticulada, com muitos grânulos de areia incrustados, apresentando coloração marrom clara (2.5Y 6/6) em toda sua extensão. Fios de hifas ausentes. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

## 3. NID 5 (Figura 14C)

Voucher: (M23a), (M23b);

Caracterização: Sistema micorrízico pinado, não ramificado, sistema de exploração de contato. Eixo principal com 2,3-3,8mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro, retos, com as pontas tortuosas. Superfície do manto composta de hifas compactas, lisas e ligeiramente brilhosas, de coloração amarelo-creme (10.0YR 9/6) próximo a base ficando perolada (2.5Y 9/2) na ponta. Emanando hifas de forma esparsa. Fios de hifas raros ou ausentes. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

## 4. NID 6 (Figura 14D)

Voucher: (M24a), (M24b), (M24c);

Caracterização: Sistema micorrízico pinado, não ramificado, sistema de exploração de contato. Eixo principal com 1,5-2mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro, tortuosos, com toda sua extensão inflada e a ponta afunilada. Superfície do manto composta de hifas compactas, lisas, de coloração caramelo (2.5Y 6/8). Fios de hifas ausentes. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

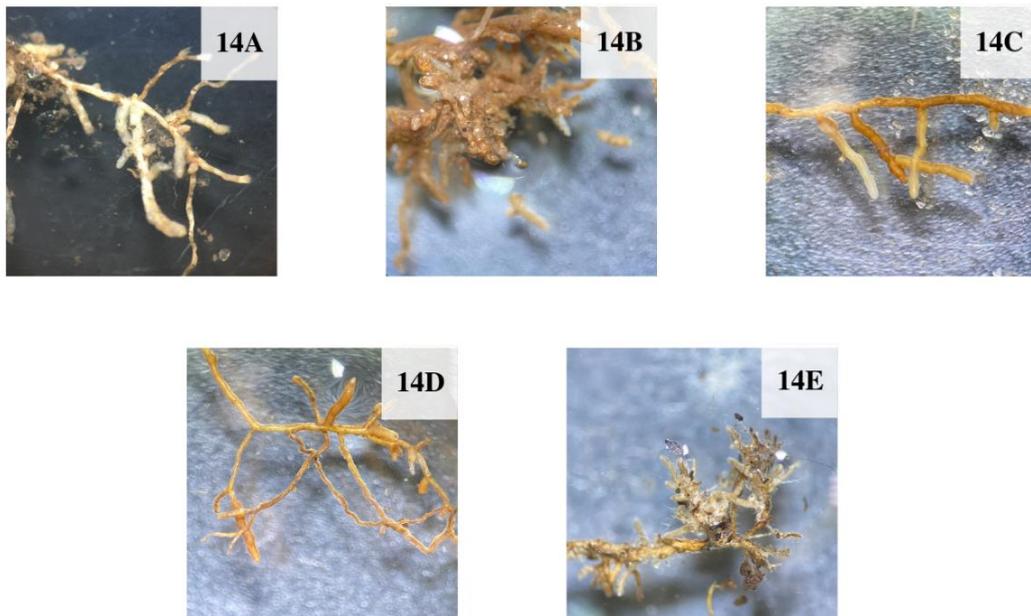
## 5. NID 9 (Figura 14E)

Voucher: (M27a), (M27b), (M27c);

Caracterização: Sistema micorrízico dicotômico, ramificado, sistema de exploração de curta distância. Eixo principal com 0,9-2,6mm de comprimento e 0,2-0,3mm de diâmetro, tortuoso com pontas às vezes levemente curvadas. Superfície do manto lisa, de coloração amarelo fosco (7.5Y 8/2) com as pontas de coloração perolada (2.5Y 9/2). Emanando hifas de forma

abundante, sobre toda a superfície do manto. Fios de hifas raros ou ausentes. Rizomorfo ausente. Esclerócio não observado.

Figura 14 - Ectomicorrizas não identificadas (NID): ectomicorrizas não identificadas encontradas na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. NDI 3 (morfotipo 14). B. NDI (morfotipo 22). C. NDI 5 (morfotipo 23). D. NDI 6 (morfotipo 24). E. NDI 9 (morfotipo 27).



Fonte: elaborado pelo autor (2024)

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 ALIAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DE RAÍZES FINAS E ECTOMICORRIZAS

#### *Efeito dos tratamentos na biomassa de raízes finas:*

Ao compararmos os fatores método de controle da espécie superdominante e presença da planta facilitadora com relação à produtividade da biomassa seca de raízes finas, foi possível constatar que ambos os fatores apresentaram influência na variável resposta. Sabe-se que as raízes finas são a principal via de absorção de água e nutrientes pelas plantas e também contribuem para a mobilização de nutrientes no solo (Claus & George 2005; Ostonen *et al.* 2011; Chagas, 2018). A densidade de raízes finas está relacionada à quantidade de recursos disponíveis no solo. Quando a disponibilidade de nutrientes é menor, a biomassa de raízes finas tende a ser maior, pois essas raízes crescem rapidamente e podem explorar o solo de forma mais eficiente em busca de recursos (Helmisaari *et al.* 2007; Weemstra *et al.* 2016;

Liao *et al.* 2019). Na restinga a disponibilidade de água é limitada e a quantidade de nutrientes no solo é baixa, devido à rápida lixiviação (Falkenberg, 1999), o que pode resultar numa maior produção de raízes finas, uma vez que elas são cruciais para a captação de recursos para as plantas.

Nas áreas em processo de regeneração, a dinâmica de raízes é afetada pela constante alteração da composição fitossociológica do local (Garlet & Schumacher, 2020). Matos *et al.* (2014) destacam que *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* tende a direcionar seus recursos para uma maior produção da biomassa aérea (e.g. frondes) ao invés de direcioná-los para a produção de rizomas, o que pode resultar em uma menor biomassa dessas estruturas. Os rizomas de *Pteridium* spp. apresentam padrão de crescimento horizontal, subterrâneo e profundamente ramificado, podendo atingir dezenas de metros quadrados de área, e por isso, os indivíduos de *Pteridium* spp. têm grande facilidade de rebrota, sendo necessária atenção redobrada no manejo das espécies (Oliveira 2018; Carvalho *et al.* 2019).

Estudos que avaliaram as formas de controle de *Pteridium* indicam que, a longo prazo, o corte das samambaias rente às frondes de duas a três vezes ao ano, é considerada uma medida eficaz de controle (Cox *et al.* 2007; Oliveira, 2018). O manejo dessas plantas de maneira eficiente viabiliza a abertura de clareiras na região que estava superpovoada, dando espaço para que plantas e sementes que estejam no local rebrotem ou germinem, recolonizando a área afetada (Carvalho *et al.* 2019). Tais fatores corroboram os resultados obtidos nesse experimento, pois, nos tratamentos que receberam o controle mecânico isolado, foi possível observar uma maior produção na biomassa de raízes finas em comparação com a área que recebeu o controle mecânico-químico. O manejo isolado feito nos indivíduos de *Pteridium* viabilizou a abertura de espaço e condições para que outras plantas se desenvolvessem ali. Em contrapartida, os tratamentos que receberam a poda somada à aspersão foliar do químico, levaram muito mais tempo para ser totalmente controlados na área, refletindo assim numa biomassa de raízes finas relativamente menor.

Nesse sentido, a presença da planta facilitadora também mostrou resultados interessantes, pois, nos tratamentos que tiveram o plantio da muda de *Guapira opposita*, foi possível observar uma maior biomassa de raízes finas. Dalotto *et al.* (2018) apontaram que a presença de *G. opposita* na restinga é fundamental para o restabelecimento da vegetação, sendo uma espécie chave para o desenvolvimento de plantas lenhosas em estágios iniciais de crescimento e adaptação. Apesar de algumas mudas de *G. opposita* terem morrido durante a execução do experimento (por tamanho pequeno das mudas inseridas, alta irradiância solar, baixa quantidade de chuva após o plantio, predação das folhas) foi notável que nos

tratamentos com a espécie facilitadora, a produtividade de raízes finas foi maior. É importante ressaltar que, seguindo os procedimentos normais de plantios de restauração, todas as mudas perdidas foram repostas a fim de manter o caráter original proposto para o experimento.

Plantas facilitadoras são importantes dentro de ecossistemas pois são responsáveis por melhorar as condições microclimáticas, aumentar a disponibilidade de água e nutrientes e reforçar a proteção contra a herbívora (Padilla & Pugnaire 2006; Navarro-Cano *et al.* 2019). O efeito facilitador é mais comum em ambientes onde fatores abióticos limitam o desempenho das plantas, como em habitats áridos, tal como a restinga (Flores & Jurado 2003; Graff & Aguiar 2017). O desempenho da planta facilitadora está intimamente relacionado a fatores como o tamanho, uma vez que plantas maiores têm condições de sombrear um maior número de espécies abaixo de suas copas, protegendo, nutrindo e beneficiando indivíduos menores frente aos estresses ambientais (Tewksbury & Lloyd 2015).

A maior quantidade de raízes finas contabilizadas nas parcelas do nosso estudo que apresentavam *G. opposita* indica que, mesmo a curto prazo, a presença da planta facilitadora trouxe benefícios para a colonização de espécies vegetais no solo. Navarro-Cano *et al.* (2015) trouxeram evidências indiretas que sugerem que espécies facilitadoras e as plantas que são beneficiadas contribuem de forma aditiva para promover a fertilidade do solo e a produtividade microbiana com o aumento da biomassa microbiana, maior decomposição da matéria orgânica e aumento das taxas de ciclagem de carbono, nitrogênio e fósforo. Tais fatores contribuem para que as comunidades vegetais se estabeleçam e se desenvolvam no solo, corroborando os dados obtidos no nosso estudo, mostrando que a presença da planta facilitadora é fundamental para mediar os processos de restauração em áreas degradadas.

#### *Efeito dos tratamentos na quantidade de ectomicorrizas:*

O método de controle da espécie superdominante e a presença da planta facilitadora não afetou a quantidade de ectomicorrizas possivelmente porque *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* é uma espécie de samambaia da família Dennstaedtiaceae que não forma associações ectomicorrízicas. Essa samambaia se desenvolve principalmente em solos ácidos e de baixa fertilidade, sendo amplamente distribuída pela região sul brasileira (Oliveira 2018). Embora *P. esculentum* subsp. *arachnoideum* não seja considerada uma planta invasora, devido à sua grande adaptabilidade e proliferação, ela se comporta como tal, cobrindo grandes áreas, formando touceiras que dificultam o desenvolvimento de outras plantas (Matos & Paviello 2009; Oliveira 2018).

A alta adaptabilidade de *Pteridium* spp. possibilita que essas samambaias formem um dossel denso que dificulta a chegada de propágulos de espécies nativas, o que resulta em um empobrecimento do banco de sementes e promove a estruturação de comunidades monodominantes (Carvalho *et al.* 2019). Quando uma planta exótica se torna dominante numa comunidade vegetal, ela também pode ser capaz de alterar a composição e função de comunidades fúngicas ectomicorrízicas através da produção de compostos inibitórios ou de interações competitivas (Wolfe & Klironomos 2005; McHugh & Gehring 2006; Wolfe *et al.* 2008). Espécies de *Pteridium* têm grande potencial de desequilibrar a microbiota da rizosfera e, por consequência, a dinâmica de comunidades vegetais, uma vez que suas frondes podem liberar compostos aleloquímicos fitotóxicos no solo (Jatoba, 2016).

Os dados obtidos durante nossos experimentos demonstram que nenhum dos métodos de controle da espécie superdominante teve influência sobre a quantidade de ectomicorrizas presentes na área de estudo, ou seja, a curto prazo, os métodos empregados parecem não favorecer nem prejudicar a micobiota do solo. Apesar disso, a retirada da espécie superdominante é imprescindível, pois possibilita que a área seja regenerada pela colonização de espécies nativas, que auxiliam diretamente na redução do crescimento de samambaias do gênero *Pteridium* (Alday *et al.* 2012; Levy-Tacher *et al.* 2015; Carvalho 2019). Em contrapartida, quando avaliamos os tratamentos nas parcelas com a planta facilitadora, é possível observar que a quantidade de ectomicorrizas aumenta com o passar do tempo, principalmente nas últimas coletas. Isso pode estar relacionado ao fato de as mudas de *Guapira opposita* inseridas nas parcelas terem conseguido se estabelecer no ambiente, se adaptando ao clima e à dinâmica da micobiota do solo, que é responsável por estruturar física e quimicamente a rizosfera, impactando comunidades e ecossistemas (Johnson & Gehring 2007). Além disso, *G. opposita* é uma espécie de planta ectomicorrízica que se associa com diversos táxons de fungos da restinga (Vanegas-León 2017; Corrales *et al.* 2018; Furtado 2022b; Furtado *et al.*, 2023a, Furtado *et al.* 2023b), justificando a grande quantidade de morfotipos de ectomicorrizas guapirioides encontradas durante nosso estudo.

Por ser uma planta comumente encontrada na restinga, encontramos diversas plantas adultas de *Guapira opposita* fora das parcelas, mas distribuídas ao longo da área de 80m<sup>2</sup> do experimento. Essa presença explica o fato de termos encontrado pontas micorrizadas com ectomicorrizas guapirioides, mesmo nas parcelas que não tiveram a introdução de uma muda de *G. opposita* como parte do tratamento, uma vez que o sistema radicular da planta é fasciculado, crescendo lateralmente no solo. O controle da espécie superdominante com controle químico usando herbicida à base de glifosato 2% não afetou a quantidade de ECMs.

Embora o tratamento que combinava o controle químico e mecânico não tenha surtido efeito significativo em relação às variáveis testadas em nosso experimento, pode-se constatar que, na concentração em que foi aplicado, o químico não influenciou a microbiota ectomicorrízica do solo. A presença de ECMs foi registrada em proporções semelhantes quando comparamos tratamentos mecânico e mecânico-químico. Portanto, é possível inferir que a utilização do químico não afeta diretamente a microbiota do solo, tornando possível sua utilização durante o manejo de outras espécies vegetais que causem problemas ecológicos.

## 5.2 MORFOTIPAGEM DE ECTOMICORRIZAS

Em nossas investigações, grande parte das ECMs identificadas apresentavam características macromorfológicas que corroboram os resultados encontrados por Furtado (2022b). Dos doze morfotipos reconhecidos pertencentes ao tipo guapirióide, nove foram registradas por Furtado (2022b), sendo eles: *Austroboletus festivus* (M1), Eurotiomycetes sp.1 (M3), Thelephoraceae sp.1 (M2), Thelephoraceae sp.3 (M9), *Tomentella* sp.1 (M5), *Tomentella* sp.2 (M4), *Tomentella* sp.3 (M6), *Tomentella* sp.4 (M15) e *Tomentella* sp.5 (M16). Os morfotipos de Thelephoraceae sp.2 (M20) e *Tomentella* sp.6 (M32) tiveram descrições muito semelhantes às demais espécies de Thelephoraceae, embora não tenha sido reconhecido um morfotipo idêntico na literatura. O morfotipo referente a *Russula puiggarii* (M17) associado a *Guapira opposita*, teve registro confirmado nas investigações de Genebra (2020). A caracterização das ectomicorrizas guapirióides é importante pois a descrição destes morfotipos nativos é um trabalho pioneiro para o ecossistema de restinga, sendo também, o primeiro tipo de ectomicorriza nativa descrito para o domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (Furtado *et al.* 2023b).

Assim como *Austroboletus festivus*, outros fungos da família Boletaceae, como *Longistriata flava* estão potencialmente associados a espécies de *Guapira* no ambiente de restinga (Sulzbacher *et al.* 2020). Haug *et al.* (2005) apontam que *Guapira* spp. são encontradas se associando a Russulaceae e a fungos da família Thelephoraceae, o táxon mais representativo dentro do nosso estudo. Além de sua importância ecológica como decompositores de material lenhoso e orgânico, os fungos da família Thelephoraceae são tipicamente conhecidos como um dos grupos de fungos ectomicorrízicos mais dominante em ecossistemas florestais, com muitos representantes no gênero *Tomentella* (Agerer *et al.*, 2001; Horton & Bruns 2001; Van Nuland & Peay 2020).

Durante as expedições à campo para a coleta de solo e raízes, foram encontrados basidiomas de táxons tradicionalmente reconhecidos como ectomicorrízicos (Figura 15),

incluindo *Austroboletus festivus* e *Russula puiggarii*, próximos de plantas de *Guapira opposita*, corroborando os resultados observados durante as análises de raízes. No **Anexo A**, disponibilizamos uma tabela elaborada por Furtado *et al.* (2023a) que apresenta uma lista de fungos ectomicorrízicos relatados como associados a ecossistemas de restinga. No caso da família Thelephoraceae, houve dificuldade em encontrar e reconhecer os basidiomas em nossas investigações. Apesar do gênero *Tomentella* formar ectomicorrizas com diferentes plantas hospedeiras, encontrar os basidiomas em campo nem sempre é uma tarefa fácil (Jakucs & Erős-Honti 2008). Isso se deve ao fato de os basidiomas de *Tomentella* serem quase sempre finos e semelhantes a teias de aranha, ocorrendo principalmente em madeira ou casca apodrecida e menos frequentemente em húmus, solo ou rocha (Agerer *et al.* 2001; Haug *et al.* 2005). Apesar disso, esses fungos estão entre os micobiontes mais abundantes e diversos nas comunidades de fungos ectomicorrízicos de todas as regiões (Jakucs & Erős-Honti 2008).

Em Ascomycota foram descritas aproximadamente 30 linhagens de fungos ectomicorrízicos (Tedersoo & Smith 2013). Em nossos estudos reconhecemos dois morfotipos ectomicorrízicos pertencentes ao filo Ascomycota, associados a plantas da restinga: *Oidiodendron maius* e um membro da Classe Eurotiomycetes. O morfotipo reconhecido como *O. maius* (M12) estava associado a uma planta da família Lauraceae (Vanegas-León 2017). Furtado (2022b) encontrou *O. maius* associado a *Guapira opposita*. *Oidiodendron maius* é tipicamente reconhecido por formar associação micorrízica do tipo ericoide, com plantas da família Ericaceae. Esse trabalho traz o terceiro registro de *O. maius* formando estruturas típicas de ectomicorrizas e se associando a uma planta que não pertence a Ericaceae.

Figura 15 - Basidiomas de táxons ectomicorrízicos registrados na área de restinga do MONA da Lagoa do Peri. A. *Amanita viscidolutea*. B. *Amanita* sp1. C. *Amanita* sp2. D. *Amanita* sp.3. E. *Amanita* cf. *rubescens*. 4. F. *Austroboletus festivus*. G. *Clavulina* sp. H. *Coltricia* sp. I. *Laccaria* sp. J. *Lactifluus* sp. K. *Pisolithus* sp. L. *Russula puiggarii*. M. *Scleroderma* sp. N. *Suillus* sp. O. *Trechispora* cf. *thelephora*.



Fonte: elaborado pelo autor (2024). Imagens - 15D Maria Alice Neves. 15F: Ariadne Nóbrega Marinho Furtado.  
15K: Gabrielle Gonçalves.

Com relação aos morfotipos reconhecidos como exóticos, *Scleroderma* sp.1, *Scleroderma* sp.2 e *Pisolithus* sp.1, todos pertencem à família Sclerodermataceae, uma linhagem conhecida por ser ectomicorrízica (Leonardi *et al.* 2018). *Suillus* sp.1 pertence à família *Suillaceae*, que também tem representantes ectomicorrízicos (Palamarchuk *et al.* 2021). A morfotipagem dessas ECMs foi feita comparando as características com as informações disponíveis no banco de dados DEEMY ([Determination of Ectomycorrhizae](#)) e com os resultados de Garibay-Orijel *et al.* (2013), onde foi possível reconhecer e identificar os morfotipos em nível de gênero.

Os quatro morfotipos de ECMs exóticos, *Scleroderma* sp.1, *Scleroderma* sp.2, *Pisolithus* sp.1 e *Suillus* sp.1 crescem associadas a *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. e foram introduzidas junto de mudas trazidas para o Brasil antes que as restrições de quarentena de plantas fossem observadas (Giachini *et al.* 2000). Isso corrobora os nossos resultados, visto que nossa área de estudo teve parte da vegetação nativa substituída por uma extensa plantação de pinheiros e eucalipto na década de 60 (Plucênio, 2013). Apesar dos esforços feitos para manejar essas plantas exóticas, diversos indivíduos desses táxons ainda são encontrados no local. Em nossas expedições a campo encontramos em abundância basidiomas de *Scleroderma* sp., *Pisolithus* sp. e *Suillus* sp., reforçando a ligação existente entre fungo e hospedeiros.

Para os morfotipos que não foram identificados ressalta-se a importância do uso de ferramentas complementares como a biologia molecular, que permite identificar, por meio de sequenciamento, a identidade dos fungos e plantas a partir das pontas micorrizadas. Durante o processo de descrição e reconhecimento dos morfotipos, foi possível observar as diferenças macromorfológicas existentes entre ectomicorrizas exóticas e nativas. Em linhas gerais, as ectomicorrizas exóticas, comumente encontrada em regiões temperadas, se caracterizam por serem mais ramificadas e infladas, possuindo rizomorfos e colorações mais vibrantes, sendo mais curtas em relação às ectomicorrizas nativas da restinga. Já as ectomicorrizas nativas caracterizam-se por não serem frequentemente ramificadas, raramente têm rizomorfos, são mais delgadas e mais longas.

## 6 CONCLUSÃO

Ao longo dos vinte e seis meses de experimento, ficou evidente que o controle mecânico isolado somado à presença da espécie facilitadora *Guapira opposita* resultou em melhor regeneração natural da área em estudo. Embora o foco deste trabalho não tenha avaliado os parâmetros acima de solo, foi possível observar que o processo de revegetação da área está ocorrendo de forma oportuna. O emprego das técnicas aqui discutidas trazem resultados promissores a serem considerados em experimentos de restauração, visto que, a curto prazo, as interações avaliadas ao nível de superfície do solo apresentaram resultados interessantes. Isso nos permite inferir que a combinação dos métodos aqui testados pode ser eficiente para restauração da restinga.

O reconhecimento morfoanatômico de ectomicorrizas, além de permitir diferenciá-las visualmente, fornece informações que podem ser incluídas em estudos sistemáticos do fungo e estudos anatômicos da raiz da planta. Deste modo, a caracterização morfológica de ectomicorrizas tem um valor inerente, pois combinado a dados da biologia molecular podem fornecer informações importantes para melhorar a resolução filogenética de determinados táxons de fungos.

A diversidade de ectomicorrizas encontrada em nossa área de pesquisa corrobora os dados apresentados por outros autores e autoras, incluindo o registro de táxons pertencentes a ectomicorriza guapirioide, que foi a mais abundante em nossa pesquisa. A presença de espécies exóticas invasoras na área de restinga, como *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp., implica na presença das ectomicorrizas exóticas que ocorrem com essas plantas e que foram coletadas durante nossa pesquisa. Por serem espécies invasoras, a presença tende a provocar o desequilíbrio das comunidades de plantas nativas e pouco se sabe sobre o impacto dos fungos exóticos sobre as comunidades de fungos nativos.

Embora *Tomentella* tenha sido um gênero frequentemente encontrado associado às raízes de *Guapira opposita* no nosso estudo, encontrar basidiomas foi desafiador porque é um grupo macromorfológicamente inconspícuo. Sem basidiomas a confirmação do táxon em nível de espécie é prejudicado e não é possível fazer a correspondência entre o táxon fúngico e o simbionte associado à raiz da planta hospedeira. O ecossistema de restinga também pode ser um fator limitante, uma vez que o ambiente tem condições extremas, como baixa umidade e alta irradiância solar, o que pode dificultar o aparecimento dos basidiomas mais sensíveis.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para melhor entender a eficiência da combinação de técnicas de manejo de *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* somados ao plantio da espécie facilitadora *Guapira opposita*, é necessário que as coletas experimentais continuem ocorrendo.

Um esforço amostral maior em busca de basidiomas de *Tomentella* é necessário, visto que: 1- não existem pesquisas com este grupo sendo feitas no sul do Brasil e os dados existentes para esse grupo são subamostrados; 2- *Tomentella* foi o táxon mais representativo em nossa pesquisa, com cerca de seis morfotipos ectomicorrízicos distintos identificados.

Os resultados preliminares aqui apresentados apontam a existência de uma grande diversidade de parceiros simbiossiontes, tanto acima quanto abaixo do solo. Por isso, sugerimos que pesquisas buscando identificar os simbiossiontes ectomicorrízicos continuem sendo feitas, a fim de subsidiar a atualização de bancos de dados mundiais acerca da distribuição das associações micorrízicas, além de fomentar a viabilidade de pesquisas aplicadas futuramente. Conhecer a diversidade e os parceiros nativos da associação ectomicorrízica vai permitir que planos de restauração ecológica sejam mais eficientes quanto maior diversidade for possível de ser introduzida nas áreas degradadas.

## REFERÊNCIAS

- AGERER, Reinhard. (1986) Studies on ectomycorrhizae II. Introducing remarks on characterization and identification. **Mycotaxon**, 26, 473–492.
- AGERER, Reinhard. (1987–2012) Colour Atlas of Ectomycorrhizae. 15 parts. **Einhorn-Verlag**, Schwäbisch Gmünd.
- AGERER, Reinhard *et al.* Tomentella subamyloidea sp. nov. and T. radiosa (Thelephoraceae, Hymenomycetes, Basidiomycota) from Australia. **Australian Systematic Botany**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 607, 2001. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/sb00031>.
- ALDAY, Josu G. *et al.* Overcoming resistance and resilience of an invaded community is necessary for effective restoration: a multi-site bracken control study. **Journal Of Applied Ecology**, [S.L.], v. 50, n. 1, p. 156-167, 21 dez. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.12015>.
- APREMAVI (2024) **Mata Atlântica - Paisagens da Mata**. Disponível em: <https://apremavi.org.br/mata-atlantica/paisagens-da-mata/>. Acessado: 20/05/ 2024.
- ANTONIOLLI, Zaida Ines; KAMINSKI, João. MICORRIZAS. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 21, n. 3, p. 441-455, dez. 1991. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84781991000300013>.
- ARAÚJO, Dorothy Sue Dunn de; LACERDA, Luiz Drude de. 1987. A natureza da restinga. **Ciência Hoje**, 6(33): 42-48.
- BARBOSA, Elizabeth Gorgone; PIVELLO, Vânia Regina; MEIRELLES, Sérgio Tadeu. Allelopathic evidence in *Brachiaria decumbens* and its potential to invade the Brazilian Cerrados. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, [S.L.], v. 51, n. 4, p. 625-631, ago. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-89132008000400021>.
- BRANCALION, Pedro H. S. *et al.* Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**, [S.L.], v. 5, p. 1-11, 03 jul. 2019.
- Caddah, Mayara Krasinski *et al.* 2021. Lista de Plantas Vasculares do Monumento Natural da Lagoa do Peri - SC. In: Catálogo de Plantas das Unidades de Conservação do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: [<https://catalogo-ucs-brasil.jbrj.gov.br>]. Acesso em 11 mai. 2024.
- CAGLIONI, Eder *et al.* Altitude e solos determinam variações abruptas da vegetação em gradiente altitudinal de Mata Atlântica. **Rodriguésia**, [s.l.], v. 69, n. 4, p. 2055-2068, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869436>.
- CALLAWAY, Ragan M.. III.4 Facilitation and the Organization of Plant Communities. **The Princeton Guide To Ecology**, [S.L.], p. 282-288, 31 dez. 2009. Princeton University Press. <http://dx.doi.org/10.1515/9781400833023.282>.
- CARVALHO, Thayane Ferreira *et al.* Restoration Strategies in an Area Invaded by *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 1-9, 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.114617>.

CHAGAS, José Rodrigo Mendes e. **Biomassa de raízes e sua relação com a intensidade de uso do solo**. 2018. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas, 2018.

CLAUS, A; GEORGE, E. Effect of stand age on fine-root biomass and biomass distribution in three European forest chronosequences. **Canadian Journal Of Forest Research**, [S.L.], v. 35, n. 7, p. 1617-1625, 1 jul. 2005. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/x05-079>.

COMANDINI, Ornella; RINALDI, Andrea C. Together, But not for Ever: ectomycorrhizal symbiosis is an unstable affair. **Mycological Research**, [S.L.], v. 105, n. 2, p. 130-131, fev. 2001. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s0953756200229869>.

COMANDINI, O. *et al.* An overview of Cistus ectomycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, [S.L.], v. 16, n. 6, p. 381-395, 1 ago. 2006. **Springer Science and Business Media LLC**. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-006-0047-8>.

COMANDINI, Ornella *et al.* Measuring and estimating ectomycorrhizal fungal diversity:: a continuous challenge. In: PAGANO, Marcela. **Mycorrhiza: occurrence in natural and restored environments**. New York: Nova Science Publishers, 2012. p. 165-200.

CORRALES, Adriana *et al.* Ectomycorrhizal associations in the tropics – biogeography, diversity patterns and ecosystem roles. **New Phytologist**, [S.L.], v. 220, n. 4, p. 1076-1091, 24 abr. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/nph.15151>.

COSTA, Cristiane Maria Queiroz da; BARRETTO, Julliana Wellen; MOURA, Rita de Cássia de. Changes in the dung beetle community in response to restinga forest degradation. **Journal Of Insect Conservation**, [S.L.], v. 18, n. 5, p. 895-902, 13 set. 2014. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10841-014-9697-6>.

COX, E. S. *et al.* A multi-site assessment of the effectiveness of Pteridium aquilinum control in Great Britain. **Applied Vegetation Science**, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 429-440, 16 jul. 2007. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-109x.2007.tb00442.x>.

DALOTTO, Cecilia Elena Sánchez. **Fatores envolvidos no processo de facilitação pelo arbusto Guapira opposita em ambientes de restinga**. 2016. 86 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Ecologia, Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

DALOTTO, Cecilia Elena Sánchez *et al.* Facilitation influences patterns of perennial species abundance and richness in a subtropical dune system. **Aob Plants**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 1-8, 1 mar. 2018. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/aobpla/ply017>.

DARIO, Fabio Rossano. **Processos ecológicos para recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Senac São Paulo, 2022. 236 p.

DECHOUM, Michele de Sá; ZILLER, Sílvia Renate. Métodos para controle de plantas exóticas invasoras. **Biotemas**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 69-77, 18 fev. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n1p69>.

DEEMY and – if not stated otherwise – its supporting files are copyrighted © 2004–2024 by Reinhard Agerer (**Ludwig-Maximilians-Universität München**).

DU, Xinzhu *et al.* Definition of fine roots on the basis of the root anatomy, diameter, and branch orders of one-year old *Fraxinus mandshurica* seedlings. **Journal Of Forestry Research**, [S.L.], v. 29, n. 5, p. 1321-1327, 12 dez. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-017-0561-x>.

DU, Hu *et al.* Seasonal Changes and Vertical Distribution of Fine Root Biomass During Vegetation Restoration in a Karst Area, Southwest China. **Frontiers In Plant Science**, [S.L.], v. 9, p. 1-9, 11 jan. 2019. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2018.02001>.

FALKENBERG, Daniel de Barcellos. Aspectos da flora e da vegetação secundária da restinga de Santa Catarina, sul do Brasil. **Insula**, Florianópolis, v. 28, p. 1-30, 1999.

FLORAM – **Fundação Municipal de Meio Ambiente de Florianópolis**. 2021. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/floram/index.php?cms=unidades+de+conservacao+em+florianopolis&menu=5&submenuid=800>. Acesso em: 11 mai. 2024

FLORES, Joel; JURADO, Enrique. Are nurse-protégé interactions more common among plants from arid environments? **Journal Of Vegetation Science**, [S.L.], v. 14, n. 6, p. 911-916, 9 abr. 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02225.x>.

FLORIANÓPOLIS. Lei Municipal no. 1.828, de 04 de dezembro de 1981. Cria o Parque Municipal da Lagoa do Peri e institui seu plano diretor de ocupação e uso do solo. Florianópolis, 1981. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-ordinaria/1981/182/1828/lei-ordinaria-n-1828-1981-cria-o-parque-municipal-da-lagoa-do-peri-e-institui-seu-plano-diretor-de-ocupacao-e-uso-do-solo>. Acesso em: 11 mai. 2024.

FURTADO, Ariadne Nóbrega Marinho *et al.* Desenterrando ectomicorizas da restinga: morfologia e implicações para a restauração ecológica. In: CADDAAH, Mayara Krasinski *et al.* **Atualidades em Biologia de Fungos, Algas e Plantas**. Florianópolis: Ufsc, 2022a. p. 30-33.

FURTADO, Ariadne Nóbrega Marinho. **Interação e diversidade de ectomicorizas em áreas de restinga da Ilha de Santa Catarina**. 2022b. 99f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas, Departamento Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022b.

FURTADO, Ariadne Nóbrega Marinho *et al.* Restinga ectomycorrhizae: a work in progress. **F1000Research**, [S.L.], v. 12, p. 317, 22 mar. 2023a. F1000 Research Ltd. <http://dx.doi.org/10.12688/f1000research.131558.1>.

FURTADO, Ariadne Nóbrega Marinho *et al.* Guapirioid ectomycorrhiza: a novel fungus-plant subtype is described associated to *Guapira opposita* (nyctaginaceae) in the brazilian restinga. **Forest Systems**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 1-15, 12 jun. 2023b. Instituto Nacional de Investigacion y Tecnologia Agraria y Alimentaria (INIA). <http://dx.doi.org/10.5424/fs/2023322-19998>.

GARIBAY-ORIJEL, Roberto *et al.* Caracterización morfológica y genética de las ectomicorizas formadas entre *Pinus montezumae* y los hongos presentes en los bancos de esporas en la Faja Volcánica Transmexicana. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, [S.L.], v.

84, n. 1, p. 153-169, mar. 2013. Universidad Nacional Autonoma de Mexico.  
<http://dx.doi.org/10.7550/rmb.29839>.

GARLET, Claudinei; SCHUMACHER, Mauro Valdir. Biomassa e comprimento de raízes finas em uma área de restauração florestal. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S.L.], v. 7, n. 15, p. 351-361, 2020. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. [http://dx.doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071525](http://dx.doi.org/10.21438/rbgas(2020)071525).

GENEBRA, Carina Czerencha. **Relações ectomicorrízicas em Russulaceae Lotsy: estudo de caso em áreas de Mata Atlântica da Ilha de Santa Catarina**. 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas, Departamento Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

GIACHINI, Admir J. *et al.* Ectomycorrhizal fungi in Eucalyptus and Pinus plantations in southern Brazil. **Mycologia**, [S.L.], v. 92, n. 6, p. 1166-1177, 1 nov. 2000. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00275514.2000.12061264>.

GOMES, Felipe Haenel. **Caracterização de solos de manguezais e de restinga no município de Ilhéus-Bahia**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

GRAFF, Pamela; AGUIAR, Martin R.. Do species' strategies and type of stress predict net positive effects in an arid ecosystem? **Ecology**, [S.L.], v. 98, n. 3, p. 794-806, 10 fev. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/ecy.1703>.

HENRIQUES, Anaíze Borges *et al.* (org.). **Botânica I**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2010. 240 p. (2). Disponível em:  
<https://canal.cecierj.edu.br/012016/b56155c4eb2bf34ef5f00e87c542dc11.pdf>. Acesso em: 13 maio 2024.

HAUG, Ingeborg *et al.* Russulaceae and Thelephoraceae form ectomycorrhizas with members of the Nyctaginaceae (Caryophyllales) in the tropical mountain rain forest of southern Ecuador. **New Phytologist**, [S.L.], v. 165, n. 3, p. 923-936, 15 dez. 2004. Wiley.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01284.x>.

HAWKINS, B. J. *et al.* Ectomycorrhizae and tree seedling nitrogen nutrition in forest restoration. **New Forests**, [S.L.], v. 46, n. 5-6, p. 747-771, 31 mai 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11056-015-9488-2>.

HELMISAARI, Heljä Sisko *et al.* Fine root biomass in relation to site and stand characteristics in Norway spruce and Scots pine stands. **Tree Physiology**, [S.L.], v. 27, n. 10, p. 1493-1504, 1 out. 2007. Oxford University Press (OUP).  
<http://dx.doi.org/10.1093/treephys/27.10.1493>.

HORTON, Thomas R.; BRUNS, Thomas D.. The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology: peeking into the black :box. **Molecular Ecology**, [S.L.], v. 10, n. 8, p. 1855-1871, ago. 2001. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01333.x>.

HUANTE, Pilar *et al.* The role of arbuscular mycorrhizal fungi on the early-stage restoration of seasonally dry tropical forest in Chamela, Mexico. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 36, n. 2, p. 279-289, abr. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622012000200009>.

JAKUCS, Erzsébet; ERŐS-HONTI, Zsolt. Morphological-anatomical characterization and identification of Tomentella ectomycorrhizas. **Mycorrhiza**, [S.L.], v. 18, n. 6-7, p. 277-285, 12 jul. 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-008-0183-4>.

JATOBA, Luciana de Jesus. **Alelopatia em Pteridium arachnoideum (Kaulf.) Maxon. (Dennstaedtiaceae)**. 2016. 114 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

JOHNSON, Nancy C.; GEHRING, Catherine A.. Mycorrhizas: symbiotic mediators of rhizosphere and ecosystem processes. **The Rhizosphere**, [S.L.], p. 73-100, 2007. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-012088775-0/50006-9>.

KALUCKA, Izabela L.; JAGODZINSKI, Andrzej M. Successional traits of ectomycorrhizal fungi in forest reclamation after surface mining and agricultural disturbances: a review. **Dendrobiology**, [S.L.], v. 76, p. 91-104, 6 out. 2016. Bogucki Wydawnic two Naukowe. <http://dx.doi.org/10.12657/denbio.076.009>.

KOTLER, Liliane. **Diagnóstico e propostas de manejo para o Parque Natural Municipal da Restinga - Pontal do Paraná - PR**. 2004. 123 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

LEONARDI, Marco *et al.* Scleroderma meridionale ectomycorrhizae on Halimium halimifolium: expanding the mediterranean symbiotic repertoire. **Symbiosis**, [S.L.], v. 76, n. 2, p. 199-208, 8 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s13199-018-0548-1>.

LEVY-TACHER, Samuel *et al.* Natural Regeneration after Long-Term Bracken Fern Control with Balsa (*Ochroma pyramidale*) in the Neotropics. **Forests**, [S.L.], v. 6, n. 12, p. 2163-2177, 16 jun. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/f6062163>.

LIAO, Yingchun *et al.* Competition increased fine root biomass in Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) plantations in Subtropical China. **Forest Ecology And Management**, [S.L.], v. 435, p. 151-157, mar. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.035>.

LIVING PLANET report(2022). **Relatório Planeta Vivo 2022**. Disponível em: <https://livingplanet.panda.org/pt-BR/>. Acessado: 20/05/ 2024.

LORENZI, Hari. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. vol. 2, 3. Edição. Nova Odessa, SP; **Instituto Plantarum**, 2002.352p.

KLEIN, Roberto Miguel. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. Itajaí: **Sellowia**, 1979. 164 p. (31).

MARQUES, Márcia C. M.; SILVA, Sandro Menezes; LIEBSCH, Dieter. Coastal plain forests in southern and southeastern Brazil: ecological drivers, floristic patterns and conservation status. **Brazilian Journal Of Botany**, [S.L.], v. 38, n. 1, p. 1-18, 30 jan. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40415-015-0132-3>.

MARTIN, Francis *et al.* Unearthing the roots of ectomycorrhizal symbioses. **Nature Reviews Microbiology**, [S.L.], v. 14, n. 12, p. 760-773, 31 out. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro.2016.149>.

MARTINS, Carlos Romero. **Caracterização e manejo da gramínea *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura): uma espécie invasora do Cerrado**. Tese de Doutorado. Brasília: Universidade de Brasília, 163p., 2006.

MATOS, Dalva Maria da Silva; PIVELLO, Vânia Regina. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009.

MATOS, Dalva Maria da Silva *et al.* A comparative study of resource allocation in *Pteridium* in different Brazilian ecosystems and its relationship with European studies. **Brazilian Journal Of Biology**, [S.L.], v. 74, n. 1, p. 156-165, fev. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.22012>.

MCHUGH, Theresa A.; GEHRING, Catherine A.. Below-ground interactions with arbuscular mycorrhizal shrubs decrease the performance of pinyon pine and the abundance of its ectomycorrhizas. **New Phytologist**, [S.L.], v. 171, n. 1, p. 171-178, 10 abr. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01735.x>.

MEDEIROS, Adler Santana *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi communities shaped by host-plant affect the outcome of plant–soil feedback in dryland restoration. **Journal Of Applied Ecology**, [S.L.], v. 60, n. 3, p. 507-518, 22 nov. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2664.14330>.

MELI, Paula *et al.* A global review of past land use, climate, and active vs. passive restoration effects on forest recovery. **Plos One**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 1-17, 3 fev. 2017. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0171368>.

MENDIBURU, Felipe de. (2015) agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.2-3. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.

MILLIGAN, Gregg *et al.* The effectiveness of old and new strategies for the long-term control of *Pteridium aquilinum*, an 8-year test. **Weed Research**, [S.L.], v. 56, n. 3, p. 247-257, 15 mar. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/wre.12203>.

NAVARRO-CANO, Jose Antonio *et al.* What nurse shrubs can do for barren soils: rapid productivity shifts associated with a 40 years ontogenetic gradient. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 388, n. 1-2, p. 197-209, 8 nov. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-014-2323-2>.

NAVARRO-CANO, José Antonio *et al.* Additive effects of nurse and facilitated plants on ecosystem functions. **Journal Of Ecology**, [S.L.], v. 107, n. 6, p. 2587-2597, 27 jun. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2745.13224>.

NEUENKAMP, Lena *et al.* Benefits of mycorrhizal inoculation to ecological restoration depend on plant functional type, restoration context and time. **Fungal Ecology**, [S.L.], v. 40, p.140-149, ago. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2018.05.004>.

NOGUCHI, Kyotaro *et al.* Biomass and production of fine roots in Japanese forests. **Journal Of Forest Research**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 83-95, abr. 2007. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1007/s10310-006-0262-3>.

OLIVEIRA, Yeda Maria Malheiros de *et al.* Plantações florestais comerciais no contexto da paisagem. In: OLIVEIRA, Yeda Maria Malheiros de; OLIVEIRA, Edilson Batista de. **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília: Embrapa Florestas, 2017. Cap. 5. p. 57-112.

OLIVEIRA, Vânia Maria de *et al.* **Plantas Tóxicas em Pastagens: Samambaia-do-campo (Pteridium esculentum subsp. arachnoideum (Kaulf.) Thomson, Família Dennstaedtiaceae)**. Juiz de Fora: Embrapa, 2018. 21 p.

OSTONEN, Ivika *et al.* Fine root foraging strategies in Norway spruce forests across a European climate gradient. **Global Change Biology**, [S.L.], v. 17, n. 12, p. 3620-3632, 6 set. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02501.x>.

PADILLA, Francisco M.; PUGNAIRE, Francisco I.. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. **Frontiers In Ecology And The Environment**, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 196-202, maio 2006. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0196:tronpi\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0196:tronpi]2.0.co;2).

PALAMARCHUK, Marina A. *et al.* Morphology and molecular data of the species of Suillus (Suillaceae, Boletales) associated with Pinus sibirica at the European northeast of Russia. **Phytotaxa**, [S.L.], v. 490, n. 1, p. 18-34, 10 mar. 2021. Magnolia Press. <http://dx.doi.org/10.11646/phytotaxa.490.1.2>.

PARMIGIANI, Renan. **Facilitação e competição no sucesso de estabelecimento de plântulas de Dalbergia ecastaphyllum**. 2016. Disponível em: [http://ecologia.ib.usp.br/curso/2016/pdf/PI\\_RENAN.pdf](http://ecologia.ib.usp.br/curso/2016/pdf/PI_RENAN.pdf). Acesso em: 29 mai. 2024.

PEREIRA, Maíra de Freitas *et al.* Secretome Analysis from the Ectomycorrhizal Ascomycete Cenococcum geophilum. **Frontiers In Microbiology**, [S.L.], v. 9, p. 1-117, 13 fev. 2018. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2018.00141>.

PETERSON, R. Larry; MASSICOTTE, Hugues B. Exploring structural definitions of mycorrhizas, with emphasis on nutrient-exchange interfaces. **Canadian Journal Of Botany**, [S.L.], v. 82, n. 8, p. 1074-1088, 1 ago. 2004. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/b04-071>.

PLUCÊNIO, Renata Martins *et al.* Invasão Biológica em Restinga: O Estudo de caso de Terminalia catappa L. (Combretaceae). **Biodiversidade Brasileira**, [s. l.], v. 3, n. 2, p.

118136, dez. 2013. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.  
<https://dx.doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v3i2.424>.

POLICELLI, Nahuel *et al.* Back to Roots: the role of ectomycorrhizal fungi in boreal and temperate forest restoration. **Frontiers In Forests And Global Change**, [S.L.], v. 3, p. 1-15, 6 ago. 2020. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/ffgc.2020.00097>.

REITZ, Padre Raulino. **Flora ilustrada catarinense: Nictagináceas**. Herbário Barbosa Rodrigues, 1970.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro *et al.* Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology And Management**, [S.L.], v. 261, n. 10, p. 1605-1613, maio 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.005>.

ROY, Mélanie *et al.* The (re)discovery of ectomycorrhizal symbioses in Neotropical ecosystems sketched in Florianópolis. *New Phytologist*, [s.l.], v. 214, n. 3, p. 920-923, 11 abr. 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/nph.14531>.

RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA  
 URL <http://www.rstudio.com/>.

SANTOS, Jhonson Reginaldo Silva; BARBOSA, Reinaldo Imbrozio. **Protocolo experimental para estimativa da biomassa de raízes em savanas**. Boa Vista: Ppbio Amazônia, 2016. 14 p.

SCARANO, Fabio Rubio. Structure, Function and Floristic Relationships of Plant Communities in Stressful Habitats Marginal to the Brazilian Atlantic Rainforest. **Annals Of Botany**, [S.L.], v. 90, n. 4, p. 517-524, 4 set. 2002. Oxford University Press (OUP).  
<http://dx.doi.org/10.1093/aob/mcf189>

SELLE, Gerson Luiz. Biomassa radicular, densidade do solo e análise química do solo de um povoamento de Pinus sp. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v. 6, n. 1, p. 61-74, 05 maio 2010.

SER, S. for E.R.I.S.& P.W.G. (2004) **The SER International Primer on Ecological Restoration**.

SILVA, Úrsula Souza Rodrigues da ; MATOS, Dalva M. da Silva. The invasion of *Pteridium aquilinum* and the impoverishment of the seed bank in fire prone areas of Brazilian Atlantic Forest. **Biodiversity And Conservation**, [S.L.], v. 15, n. 9, p. 3035-3043, ago. 2006. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-005-4877-z>.

SILVA, Isamara dos Reis. **Biomassa de raízes finas em áreas mineradas submetidas à diferentes métodos de recuperação florestal**. 2019. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Paragominas, 2019.

SILVA, Gabriela Moraes da. **Integração de técnicas de manejo para a restauração de restinga superdominada por *Pteridium esculentum* subsp. *arachnoideum* (Dennstaedtiaceae)**. 2022. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas,

Departamento de Ecologia e Zoologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

SILVEIRA, Péricles. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de floresta ombrófila densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Floresta**, [S.L.], v. 40, n. 4, p. 789-800, 23 dez. 2010. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v40i4.20330>.

SMITH, Sally E., READ, David J. (2008) Mycorrhizal Symbiosis. (3rd edn), **Academic Press**.

SLODKOWSKI, Marivane Celmer. **Contribuições das ectomicorrizas sobre o metabolismo da *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae Juss.), uma espécie-chave na sucessão da restinga**. 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos, Algas e Plantas, Departamento Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SOS Mata Atlântica (2021) **Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>. Acessado: 20/05/ 2024.

SULZBACHER, Marcelo Aluísio. *et al.* Longistriata flava (Boletaceae, Basidiomycota) – a new monotypic sequestrate genus and species from Brazilian Atlantic Forest. **Mycokeys**, [S.L.], v. 62, p. 53-73, 30 jan. 2020. Pensoft Publishers. <http://dx.doi.org/10.3897/mycokeys.62.39699>.

SUN, Tao *et al.* Contrasting dynamics and trait controls in first-order root compared with leaf litter decomposition. **Proceedings Of The National Academy Of Sciences**, [S.L.], v. 115, n. 41, p. 10392-10397, 25 set. 2018. Proceedings of the National Academy of Sciences. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1716595115>.

TEDERSOO, Leho; SMITH, Matthew E.. Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. **Fungal Biology Reviews**, [S.L.], v. 27, n. 3-4, p. 83-99, dez. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2013.09.001>.

TEDERSOO, Leho; BAHRAM, Mohammad; ZOBEL, Martin. How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science*, [s.l.], v. 367, n. 6480, p. 1-9, 20 fev. 2020. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aba1223>.

TEWKSbury, Joshua J.; LLOYD, John D.. Positive interactions under nurse-plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. **Oecologia**, [S.L.], v. 127, n. 3, p. 425-434, maio 2001. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s004420000614>.

TU Mandy *et al.* Weed control methods handbook: tools & techniques for use in natural areas. **The Nature Conservancy**. 219 p., abr. 2001.

VANEGAS-LÉON, Mary Luz. **Ectomicorrizas tropicais: estudo de caso na Mata Atlântica**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em

Biologia de Fungos, Algas e Plantas, Departamento de Botânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

VAN NULAND, Michael E.; PEAY, Kabir G.. Symbiotic niche mapping reveals functional specialization by two ectomycorrhizal fungi that expands the host plant niche. **Fungal Ecology**, [S.L.], v. 46, p. 100960, ago. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2020.100960>.

WANG, Fayuan. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in mining-impacted sites and their contribution to ecological restoration: mechanisms and applications. **Critical Reviews In Environmental Science And Technology**, [S.L.], v. 47, n. 20, p. 1901-1957, 18 out. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10643389.2017.1400853>.

WEIDLICH, Emanuela Wehmuth Alves. *et al.* Using ectomycorrhizae to improve the restoration of Neotropical coastal zones. **Restoration Ecology**, [S.L.], v. 28, n. 6, p. 1324-1326, 28 out. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/rec.13284>.

WEEMSTRA, Monique *et al.* Fine-root trait plasticity of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) forests on two contrasting soils. **Plant And Soil**, [S.L.], v. 415, n. 1-2, p. 175-188, 24 dez. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-016-3148-y>.

WOLFE, Benjamin E.; KLIRONOMOS, John N.. Breaking New Ground: soil communities and exotic plant invasion. **Bioscience**, [S.L.], v. 55, n. 6, p. 477, 2005. Oxford University Press (OUP). [http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0477:bngsca\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0477:bngsca]2.0.co;2).

WOLFE, Benjamin E. *et al.* The invasive plant *Alliaria petiolata* (garlic mustard) inhibits ectomycorrhizal fungi in its introduced range. **Journal Of Ecology**, [S.L.], v. 96, n. 4, p. 777-783, 10 jun. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01389.x>.

ZAMITH, Luiz Roberto; SCARANO, Fabio Rubio. Restoration of a Restinga Sandy Coastal Plain in Brazil: survival and growth of planted woody species. **Restoration Ecology**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 87-94, mar. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-100x.2006.00108.x>.

**ANEXO A – FUNGOS ECTOMICORRÍZICOS RELATADOS COMO  
ASSOCIADOS A ECOSISTEMAS DE RESTINGA**

**Tabela 2** - Registro de fungos ectomicorrízicos de ocorrência natural, hospedeiro potencial e/ou sequência isolada de basidiomas ou raízes. Adaptado de Furtado *et al* (2023a). O asterisco (\*) refere-se a potenciais hospedeiros que não foram confirmados.

<b>Espécie</b>	<b>Hospedeiro</b>
<i>Amanita coacta</i> Bas	<i>Psidium</i> sp. e <i>Ocotea</i> sp.* <i>Guapira opposita</i> *
<i>Amanita crebresulcata</i> Bas	Euphorbiaceae, Fabaceae, Mimosaceae* <i>Guapira opposita</i> *
<i>Amanita lilloi</i> Singer	<i>Ficus</i> sp.*
<i>Amanita petalinovolvá</i> Wartchow	Myrtaceae*
<i>Amanita psammolimbata</i> Wartchow & Sulzbacher	<i>Coccoloba</i> sp.*
<i>Amanita</i> sp. (FLOR61395)	-
<i>Amanita</i> sp. (FLOR61397)	-
<i>Amanita</i> sp. (FLOR61398)	-
<i>Amanita viscidolutea</i> Menolli, Capelari & Baseia	<i>Coccoloba</i> sp.* <i>Guapira opposita</i>
<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan	<i>Chloroleucon foliolosum</i> *
<i>Austroboletus festivus</i> (Singer) Wolfe	<i>Guapira opposita</i>
<i>Boletellus cremeovulosus</i> A. Barbosa-Silva & Wartchow	<i>Coccoloba</i> spp.*
<i>Boletellus nordestinus</i> A.C. Magnago	Myrtaceae, <i>Coccoloba</i> spp.*
<i>Boletinellus rompelii</i> (Pat. & Rick) Watling	-
<i>Brasilioporus olivaceoflavus</i> A.C. Magnago	<i>Coccoloba</i> , <i>Guapira</i> , <i>Pisonia</i> *
<i>Brasilioporus simoniarum</i> A.C. Magnago	<i>Guapira</i> spp.*
<i>Cantharellus aurantioconspicuus</i> Wartchow & Buyck	-
<i>Cantharellus guyanensis</i> Mont.	Nyctaginaceae, Polygonaceae*
<i>Cantharellus protectus</i> Wartchow & F.G.B. Pinheiro	<i>Coccoloba</i> sp.*
<i>Clavulina amazonensis</i> Corner	-

<i>Clavulina</i> aff. <i>cinerea</i> (Bull.) J. Schröt.	<i>Guapira opposita</i> *
<i>Clavulina incrustata</i> Wartchow	<i>Coccoloba</i> sp.*
<i>Clavulina incrustata</i> como <i>C. paraincrustata</i> Meiras-Otoni & Gibertoni	-
<i>Clavulina junduensis</i> L.M. Ferst, A.N.M. Furtado & M.A. Neves	<i>Guapira opposita</i> *
<i>Clavulina puigarii</i> (Speg.) Corner	-
<i>Coltricia focicola</i> (Berk & M.A. Curtis) Murrill	-
<i>Coltricia permollis</i> Baltazar & Gibertoni	-
<i>Coltriciella oblectabilis</i> (Lloyd) Kotl., Pouzar & Ryvarden	-
<i>Craterellus niger</i> Sá, Pinheiro & Wartchow	-
<i>Entoloma aripoanum</i> Dennis	-
<i>Entoloma luteosplendidum</i> E. Horak & Cheype	-
<i>Entoloma tucuchense</i> Dennis	-
<i>Fistulinella ruschii</i> A.C. Magnago	Fabaceae*
<i>Gloeocantharellus aculeatus</i> Linhares, P.P. Daniëls & M.A. Neves	-
<i>Gloeocantharellus substramineus</i> Wartchow	Myrtaceae, Rubiaceae, Poaceae, Euphorbiaceae*
<i>Gymnopus atlanticus</i> V. Coimbra & Wartchow	-
<i>Gymnopus montagnei</i> (Berk.) Redhead	-
<i>Gymnopus talisiae</i> V. Coimbra & Wartchow	-
<i>Hydnum villipes</i> Lloyd	-
<i>Hydnum pulcherrimum</i> Berk. & M.A. Curtis	-
<i>Hydropus griseolazulins</i> F.G.B. Pinheiro, Sá & Wartchow	Myrtaceae, Rubiaceae, Poaceae, Euphorbiaceae*
<i>Hysterangium atlanticum</i> Sulzbacher, Grebenc, Baseia et Nouhra	<i>Coccoloba alnifolia</i> e <i>Coccoloba laevis</i>
<i>Inocybe</i> sp.	<i>Guapira opposita</i>
<i>Lactifluus batistae</i> Wartchow, J.L. Bezerra & M. Cavalc.	Fabaceae subfam. Caesalpinoideae*
<i>Lactifluus dunensis</i> Sá & Wartchow	-
<i>Lactifluus neotropicus</i> (Singer) Nuytinck	-
<i>Lactifluus venosellus</i> Silva-Filho, Sá & Wartchow	Polygonaceae e Fabaceae*

<i>Longistriata flava</i> Sulzbacher, Orihara, Grebenc, M.P. Martín & Baseia	<i>Coccoloba alnifolia</i> , <i>C. laevis</i> e <i>Guapira</i> *
<i>Nevesoporus nigrostipitatus</i> A.C. Magnago	<i>Coccoloba</i> e <i>Guapira</i> *
<i>Phlebopus beniensis</i> (Singer & Digilo) Heinem. & Rammeloo	-
<i>Phlebopus brasiliensis</i> Singer	<i>Coccoloba laevis</i> *
<i>Phlebopus portentosus</i> (Berk. & Broome) Boidjin	-
<i>Restingomyces reticulatus</i> Sulzbacher, B.T. Goto & Baseia	<i>Caesalpinia echinata</i> , <i>Lafoensia pacari</i> e <i>Eugenia luschnathiana</i> *
<i>Russula pluvialis</i> Singer	Dicotiledoneas*
<i>Russula puiggarii</i> (Speg.) Singer	<i>Guapira opposita</i> *
<i>Sebacina aureomagnifica</i> Wartchow, Sulzbacher & Ovrebø	<i>Coccoloba alnifolia</i> e <i>Coccoloba laevis</i> *
<i>Thelephora palmata</i> (Scop.) Fr.	-
<i>Thelephora</i> sp.1	<i>Guapira opposita</i>
<i>Tomentella</i> sp.1	<i>Guapira opposita</i>
<i>Tomentella</i> sp.2	<i>Guapira opposita</i>
<i>Tomentella</i> sp.3	<i>Guapira opposita</i>
<i>Tomentella</i> sp.4	<i>Guapira opposita</i>
<i>Tomentella</i> sp.5	<i>Guapira opposita</i>
<i>Tomentella</i> sp. 6	<i>Guapira opposita</i>
<i>Trechispora brasiliensis</i> (Corner) K.H. Larss.	-
<i>Trechispora copiosa</i> Meiras-Otoni & Gibertoni	-
<i>Trechispora regularis</i> (Murrill) Liberta	-
<i>Trechispora thelephora</i> (Lév.) Ryvarden	<i>Guapira opposita</i> *
<i>Tylopilus aquarius</i> var. <i>megistus</i>	-
<i>Tylopilus dunensis</i> A.C. Magnago & M.A. Neves	-
<i>Tylopilus nigripes</i> A. Barbosa-Silva & Wartchow	<i>Coccoloba</i> sp.*
<i>Tylopilus</i> sp.	-
<i>Xerocomus hypoxanthus</i> Singer	-
<i>Xerocomus</i> sp.	-