

**UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

TESE

**FUNGOS MICORRIZICOS E SUBSTRATOS NA FORMAÇÃO DE
MUDAS DE ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA**

JOEL QUINTINO DE OLIVEIRA JÚNIOR

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**FUNGOS MICORRIZICOS E SUBSTRATOS NA FORMAÇÃO DE
MUDAS DE ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA**

Joel Quintino de Oliveira Júnior

Sob a orientação do Professor
Dr. Marcos Gervasio Pereira

e Co-orientação do Pesquisador
Dr. Ederson da Conceição Jesus

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em
Ciências**, no Programa de Pós-
Graduação em Ciências Ambientais e
Florestais, Área de Concentração
Silvicultura e Manejo Florestal.

**Seropédica, RJ
Fevereiro de 2018**

o048f Oliveira Júnior, Joel Quintino de, 28/03/1986-
FUNGOS MICORRIZICOS E SUBSTRATOS NA FORMAÇÃO DE
MUDAS DE ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA / Joel Quintino de
Oliveira Júnior. - 2018.
101 f.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.

Coorientador: Ederson Conceição Jesus.

Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Ciências
Ambientais e Florestais / Silvicultura e Manejo Florestal,
2018.

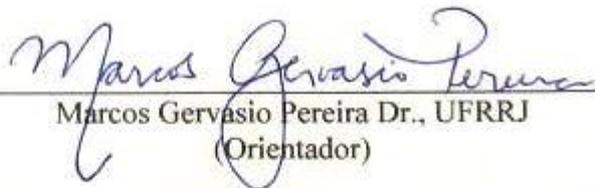
1. Dependência Micorrízica. 2. Biotecnologia. 3.
Recuperação de áreas degradadas. 4. Produção de
mudas inoculadas. I. Gervasio Pereira, Marcos ,
24/01/1965 , orient. II. Conceição Jesus, Ederson,
14/11/1979-, coorient. III Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação
em Ciências Ambientais e Florestais / Silvicultura e
Manejo Florestal. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
FLORESTAIS**

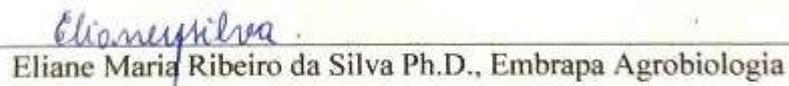
JOEL QUINTINO DE OLIVEIRA JÚNIOR

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal

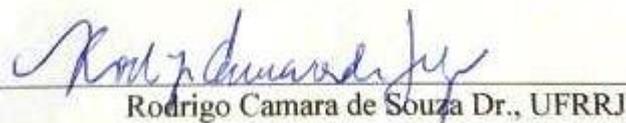
TESE APROVADA EM: 19/02/2018



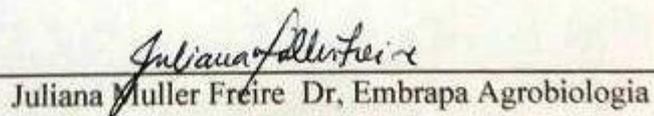
Marcos Gervasio Pereira Dr., UFRRJ
(Orientador)



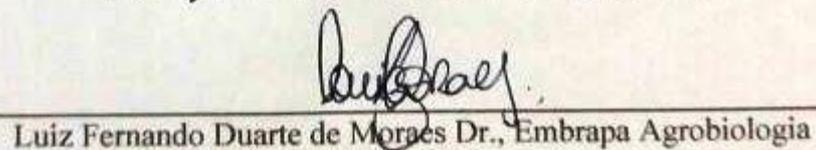
Eliane Maria Ribeiro da Silva Ph.D., Embrapa Agrobiologia



Rodrigo Camara de Souza Dr., UFRRJ



Juliana Muller Freire Dr, Embrapa Agrobiologia



Luiz Fernando Duarte de Moraes Dr., Embrapa Agrobiologia

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela sua infinita misericórdia sobre a minha vida e por me presentear com mais uma benção.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade pela oportunidade de adquirir conhecimento e experiência de pesquisa e vida profissional, a seus funcionários e professores por toda ajuda e compreensão.

À CAPES, pela bolsa de doutorado concedida durante o curso.

À Embrapa Agrobiologia, pelo suporte no desenvolvimento de todos os experimentos e pela utilização dos laboratórios.

Ao orientador Marcos Gervasio Pereira, pela oportunidade de crescimento acadêmico e profissional, por toda a paciência e orientação, principalmente nos momentos difíceis, meu muito obrigado por tudo.

Ao meu co-orientador Ederson da Conceição Jesus, por sempre discutir e contribuir com o trabalho, ajudando muito na realização desse sonho.

Aos amigos do Laboratório Rodrigo Camara, Ariovaldo Machado Fonseca Júnior, Ana Carolina de Oliveira Sousa, Ana Caroline, Gilsonley Santos, Elias Mendes, Sidney Julio Beutler, Thiago Ribeiro, Paulo Victor, Agatha Monteiro, Candido e Ana Carolina, pela grande ajuda no trabalho com os experimentos, pelo companheirismo e paciência comigo.

Ao professor Carlos Eduardo Gabriel Menezes pelo apoio nas coletas iniciais.

Aos amigos Itamar Garcia e Rosalba Ortega, do Laboratório de Micorrizas pelo grande apoio nos trabalhos de laboratório.

Aos meus pais Joel Quintino e Alcídia Cardoso, por sempre me apoiarem e me incentivarem a continuar focado na realização dos meus objetivos e sonhos, orando sempre por mim.

À minha adorada esposa Natlin Matos, por toda a compreensão e parceria comigo em todos os momentos.

Aos meus amigos da igreja, que sempre oram por mim e torcem pelo meu sucesso e prosperidade.

Aos meus irmãos João Carlos e Adrielle Cardoso, por sempre mostrar orgulho me incentivando a buscar minha vitória.

Aos amigos da UFRRJ, que sempre torceram por mim e mesmo alguns não estando presentes, sempre mandando mensagens de conforto.

Vejam, o Senhor, o seu Deus, põe diante de vocês esta terra. Entrem na terra e tomem posse dela, conforme o Senhor, o Deus dos seus antepassados, disse a vocês. Não tenham medo nem desanimem.

Deuteronômio 1:21

RESUMO GERAL

OLIVEIRA JÚNIOR, Joel Quintino. **Fungos Micorrizicos e substratos na formação de mudas de espécies da Mata Atlântica**. 2018. 92p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Os fungos micorrizicos são organismos briotróficos obrigatórios, que precisam estar associados a um sistema radicular metabolicamente ativo para desenvolver seu ciclo de vida. Porém, com a mudança da espécie de fungo e seu hospedeiro, diferentes resultados podem ser obtidos. O trabalho tomou como objetivo o estudo da dependência micorrízica de diferentes espécies, presentes em um fragmento florestal em Pinheiral-RJ. O trabalho está estruturado em três capítulos. Os objetivos do trabalho foram: 1) Testar a dependência micorrízica das espécies florestais nativas da área de estudo; 2) Detalhar a interação entre as espécies generalistas com as espécies de FMA inoculadas no substrato; 3) Realizar testes com diferentes substratos para avaliar o desenvolvimento das espécies selecionadas. No capítulo I, foi analisada a dependência micorrízica para a espécie *Apuleia leiocarpa* (Garapa), que obteve alta dependência micorrízica e sua resposta à inoculação com fungos micorrízicos é dependente da espécie de fungo que está colonizando as raízes da planta. No capítulo II, foi analisada a dependência micorrízica das espécies Pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link), Imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) e Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi), encontrando três cenários distintos entre as espécies, onde somente a espécie *Bauhinia forficata* não obteve resposta ao fungo micorrízico. No capítulo III, as melhores espécies do Cap II foram testadas quanto ao seu desenvolvimento inoculado em diferentes substratos. As espécies apresentaram padrões similares de resposta. Os melhores resultados foram obtidos utilizando as composições que continham esterco bovino e as maiores proporções de Cambissolo e Biomix. Esse padrão, provavelmente se deve aos fatores físicos e químicos do substrato formulado.

Palavras-chave: Dependência micorrízica, Biotecnologia, Recuperação de áreas degradadas

GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA JÚNIOR, Joel Quintino. **Mycorrhizal Fungi and substrates in the formation of Atlantic Forest species seedlings**. 2018. 92p. Thesis (Doctorate in Environmental and Forest Sciences). Institute of Forestry, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

Mycorrhizal fungi are obligatory biotrophic organisms, which need to be associated with a metabolically active root system to develop their life cycle. However, with the change of the fungus species and its host, different results can be obtained. The study aimed to study the mycorrhizal dependence of different species, present in a forest fragment in Pinheiral-RJ. The work is structured in three chapters. The objectives of the study were: 1) To test the mycorrhizal dependence of the native forest species of the study area; 2) To detail the interaction between generalist species and FMA species inoculated on the substrate; 3) Perform tests with different substrates to evaluate the development of the selected species. In chapter I, mycorrhizal dependence was analyzed for *Apuleia leiocarpa* (Garapa), which obtained high mycorrhizal dependence and its response to inoculation with mycorrhizal fungi is dependent on the fungus species that is colonizing the roots of the plant. In chapter II, the mycorrhizal dependence of the species Pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link), Imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) and Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) were analyzed, finding three distinct scenarios between species, where only the species *Bauhinia forficata* did not respond to mycorrhizal fungi. In Chapter III, the best species of Cap II were tested for their inoculated development on different substrates. The species presented similar patterns of response. The best results were obtained using the compositions containing bovine manure and the highest proportions of Cambisol and Biomix. This pattern is probably due to the physical and chemical factors of the formulated substrate.

Key words: Mycorrhizal dependence, Biotechnology, Recovery of degraded areas

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Imagem da área de estudo no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro)..... 10
- Figura 2. Imagens do Relevo Mar de Morros encontrado na área de estudo.....10
- Figura 3 A e B: Visão interna da pedoforma convexa (A) e côncava (B)..... 11
- Figura 4. Relação entre fósforo aplicado e fósforo disponível ($\hat{y} = 29,28 + 0,44x$. $R^2 = 0,92$. * Significativo em 1%, o teste F) no solo por extrator Mehlich 1..... 22
- Figura 5. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *A. leiocarpa* inoculadas com fungos. (A) - *Dentiscutata heterogama* (DH) (B) - *Gigaspora margarita* (GM) (C) - Combinação das três espécies (GRD) (D) - *Rhizophagus Clarus* (RC) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg..... 25
- Figura 6 - Incremento relativo Raiz: crescimento relativo em massa seca de raiz; P. aérea: crescimento relativo em massa seca de parte aérea da espécie *A. leiocarpa* proporcionado pela inoculação de fungos micorrizicos. Aos 98 dias após o plantio. Médias de 6 repetições. DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC= *Rizophagus clarus*, GRD= Combinação das três espécies. Doses de fósforo: 0, 24, 71, 213, 650 mg.Kg⁻¹.....27
- Figura 7 – Análise comparativa entre as relações MSR/MSPA (Massa Seca de Raiz/Massa Seca da Parte Aérea) para os tratamentos que proporcionaram o maior ganho de biomassa de mudas de *Apuleia leiocarpa*. Aos 98 dias após o plantio.Média de 6 repetições. DH = *Dentiscutata heterogama*, GM = *Gigaspora margarita*, RC = *Rhizophagus clarus*, GRD: combinação das três espécies de fungos micorrízicos. Doses de fósforo: 0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹..... 27
- Figura 8. Relação entre Fósforo aplicado e Fósforo disponível ($\hat{y} = 29,28 + 0,44x$. $R^2 = 0,92$. * Significativo em 1%, o teste F) no solo por extrator Mehlich 1..... 43
- Figura 9. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *P. grandiflorum* inoculadas com fungos. (A) - *Dentiscutata heterogama* (DH) (B) - *Gigaspora margarita* (GM) (C) - Combinação das três espécies (RDG) (D) - *Rhizophagus Clarus* (RC) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg. Aos 119 dias após o plantio. Média de 6 repetições. O gráfico linear contínuo representa os resultados dos tratamentos inoculados em diferentes níveis de fósforo. O gráfico com linha tracejada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de fósforo.....48
- Figura 10. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *B.forficata* inoculadas com fungos. (A) - *Dentiscutata heterogama* (DH) (B) - *Gigaspora margarita* (GM) (C) - Combinação das três espécies (GRD) (D) - *Rhizophagus clarus* (RC) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições. O gráfico linear contínuo representa os resultados

dos tratamentos inoculados em diferentes níveis de fósforo. O gráfico com linha tracejada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de fósforo..... 52

Figura 11. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *S.terebintifolius* inoculadas com fungos. (A) - *Rhizophagus Clarus* (RC). (B) - *Dentiscutata heterogama* (DH). (C) - *Gigaspora margarita* (GM). (D) - Combinação das três espécies (RDG) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg. Aos 116 dias após o plantio.Média de 6 repetições. O gráfico linear contínuo representa os resultados dos tratamentos inoculados em diferentes níveis de fósforo. O gráfico com linha pontilhada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de fósforo.....57

Figura 12. Análise de componentes principais das variáveis mensuradas em experimento com a espécie *P.grandiflorum* , discriminando tratamentos com e sem inoculação. Aos 124 dias após o plantio. (D) – Diâmetro. (Alt)- Altura. (PA)- Parte Aérea. (Raiz)- Raiz. (IQD)- Índice de qualidade de Dickson. (Mic)-Micorrização. Médias de 6 repetições. T1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, T2- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, T3- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix[®]-sem micorriza, T4 - Cambissolo (80%) + (20%) Biomix[®]-com micorriza, T5 - Cambissolo (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem micorriza, T6- Cambissolo (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, T7- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix[®]- sem micorriza, T8- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix[®]- com micorriza, T9- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, T10- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – com micorriza, T11- Cambissolo (100%)- sem micorriza e T12- Amostra coletada do horizonte B do Cambissolo (100%)- com micorriza..... 77

Figura 13. Análise de Componentes Principais das variáveis mensuradas em experimento com a espécie *A.leiocarpa*, discriminando tratamentos com e sem inoculação. Aos 118 dias após o plantio.....78

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Resposta da espécie *Apuleia leiocarpa* à inoculação através da estimativa do Benefício micorrízico (BM), Benefício do fósforo (BF) e Eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, baseando se na Massa Seca Total da planta. Aos 98 dias após o plantio. Média de 6 repetições..... 26
- Tabela 2. Crescimento de mudas da espécie *Apuleia leiocarpa* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 98 dias após o plantio. Média de 6 repetições..... 29
- Tabela 3. Efeito da interação entre doses de fósforo e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie *Apuleia leiocarpa*. Aos 98 dias após o plantio. Média de 6 repetições.30
- Tabela 4. Crescimento de mudas da espécie *P. grandiflorum* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 119 dias após o plantio. Média de 6 repetições..... 46
- Tabela 5. Resposta da espécie *Pseudobombax grandiflorum* à inoculação através da estimativa do benefício micorrízico (MB), benefício de fósforo (PB) e eficiência simbólica (SE) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, com base na massa seca total de a planta. Aos 119 dias após o plantio. Média de 4 repetições.....48
- Tabela 6. Efeito da interação entre doses de P e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie *P. grandiflorum*. Aos 119 dias após o plantio. Média de 6 repetições.....49
- Tabela 7. Crescimento de mudas da espécie *Bauhinia forficata* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições..... 51
- Tabela 8. Resposta da espécie *Bauhinia forficata* à inoculação através da estimativa do Benefício micorrízico (BM), Benefício do fósforo (BF) e Eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, com base na Massa Seca Total da planta. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições..... 53
- Tabela 9. Efeito da interação entre doses de fósforo e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie *Bauhinia forficata*. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições..... 54
- Tabela 10. Crescimento de mudas da espécie *Schinus terebintifolius* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 116 dias após o plantio. Média de 6 repetições..... 56
- Tabela 11. Resposta da espécie *Schinus terebintifolius* à inoculação através da estimativa do Benefício micorrízico (BM), Benefício do fósforo (BF) e Eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, baseando se na Massa Seca Total da planta. Aos 116 dias após o plantio. Média de 4 repetições..... 58

Tabela 12. Efeito da interação entre doses de fósforo e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie <i>Schinus terebintifolius</i> . Aos 116 dias após o plantio. Média de 6 repetições.....	59
Tabela 13. Lista dos tratamentos utilizados no experimento.....	71
Tabela 14. Análise química dos substratos utilizados nos experimentos com as espécies <i>P. grandiflorum</i> e <i>A.leiocarpa</i>	72
Tabela 15. Efeito da inoculação dos fungos micorrízicos no crescimento da espécie <i>P. grandiflorum</i> em diferentes substratos. Aos 124 dias após o plantio. Médias de 6 repetições	74
Tabela 16. Efeito da inoculação dos fungos micorrízicos no crescimento da espécie <i>Apuleia leiocarpa</i> em diferentes substratos, aos 118 dias após o plantio. Médias de 6 repetições.....	75
Tabela 17. Índice de qualidade das mudas de <i>P. grandiflorum</i> produzidas em diferentes substratos, aos 124 dias após o plantio. Médias de 6 repetições.....	76
Tabela 18. Índice de qualidade das mudas de <i>A.leiocarpa</i> produzidas em diferentes substratos, aos 118 dias após o plantio. Médias de 6 repetições.....	77
Tabela 19. Efeito da interação entre os substratos utilizados e os fungos micorrízicos no estado nutricional das espécies <i>P. grandiflorum</i> e <i>A. leiocarpa</i> , aos 124 e 118 dias após o plantio. Média de 6 repetições.....	79

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Efeito Ambiental da Paisagem	2
2.2. Fungos Micorrízicos e Dependência Micorrízica.....	4
2.3. Produção e Recomendação de Mudanças para Recuperação de Áreas Degradadas.....	6
2.4. Recuperação de Áreas Degradadas.....	6
2.5. Escolha de espécies para Recuperação de Áreas degradadas.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4. REFERÊNCIAS	12
Capítulo I.....	18
A ESPÉCIE FLORESTAL <i>Apuleia leiocarpa</i> (VOGEL) J.F. MACBR APRESENTA DEPENDÊNCIA E RESPOSTA DISTINTA À INOCULAÇÃO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.....	18
5. INTRODUÇÃO.....	21
5.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5.2. RESULTADOS	24
5.3. DISCUSSÃO.....	31
5.4. CONCLUSÕES	33
5.5. REFERÊNCIAS	34
Capítulo II.....	38
DEPENDÊNCIA E RESPOSTA DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS À INOCULAÇÃO COM FUNGOS MICORRÍZICOS	38
6. INTRODUÇÃO.....	41
6.1. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
6.2. RESULTADOS	44
6.3. DISCUSSÃO.....	59
6.4. CONCLUSÕES	62
6.5. REFERÊNCIAS	63
CAPÍTULO III	67
CRESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS	67
7. INTRODUÇÃO.....	70

7.1.	MATERIAL E MÉTODOS.....	71
7.2.	RESULTADOS	73
7.3.	DISCUSSÃO.....	79
7.4.	CONCLUSÃO.....	81
7.5.	REFERÊNCIAS	82
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
9.	ANEXO	86

1. INTRODUÇÃO GERAL

No último século, houve um aumento considerável na conscientização populacional sobre conceitos como degradação ambiental e sustentabilidade. Essa modificação aconteceu pelo avanço das tecnologias que possibilitaram uma análise maior sobre a exploração dos recursos e os passivos gerados.

À medida que a expectativa de vida aumenta, a demanda por recursos naturais cresce levando-os muitas vezes à exaustão. Um bom exemplo é a Mata Atlântica, que hoje possui cerca de 7% do seu território original e consiste no bioma com maior número de espécies ameaçadas de extinção, classificando o Bioma como *hotspot* (INPE, 2011). Para tentar recuperar áreas que estão sendo degradadas constantemente pelo homem, diversas pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o foco na restauração/recuperação destas.

O dilema entre a exploração de recursos naturais *versus* sustentabilidade ambiental está em evidência, uma vez que tais fatores necessitam de pleno equilíbrio. É notório o atual desequilíbrio com o qual se encontram os fatores acima citados, o que remete à procura de uma forma alternativa para minorar a degradação de ambientes naturais.

No contexto de fragmentação da Mata Atlântica, o conhecimento das especificidades ambientais em áreas de encosta, e de habitats preferencias para espécies facilitadoras dos processos de recuperação de ecossistemas florestais, constituem informações importantes para o planejamento e otimização de projetos de reflorestamentos ecológicos.

Na região sudeste do Brasil são verificados problemas como deslizamentos de encostas gerados por intensa precipitação, que normalmente ocorrem no verão. A recuperação dessas áreas declivosas exige uma atenção especial devido às condições da área *per si*, o que dificulta a execução de trabalhos. A seleção de espécies que teriam uma maior capacidade de estabelecimento nessas condições pode facilitar o processo de recuperação, e consequentemente, gerar uma economia na etapa de replantio.

O município de Pinheiral, localizado na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, está inserido no domínio da Mata Atlântica, sob a formação florestal Estacional Semidecidual. Dados publicados sobre a história do local retratam o período do início da atividade cafeeicultora em Pinheiral e na sub-bacia do Ribeirão Cachimbal. O município, emancipado de Pirai em 1994, tem suas origens ligadas ao ciclo do café na região do vale do Paraíba Fluminense. No século XIX, essa região foi uma das principais produtoras de café do Brasil (BREVES, 1994).

As áreas degradadas geradas pelas atividades cafeeicultoras realizadas deixaram como herança uma paisagem com características peculiares. Nas áreas abandonadas, ocorreu o processo espontâneo de sucessão ecológica.

A geomorfologia é um dos principais condicionantes das paisagens naturais. O formato do terreno tem influência no movimento da água e distribuição dos atributos do solo, formando habitats distintos ao longo de diferentes seções do terreno. TROEH (1965) estabeleceu modelos de terreno de acordo com a pedoforma, as quais podem ser lineares, côncavas e convexas, contemplando algumas variações. Nessa classificação, a curvatura serve de indicativo do grau de intemperismo e de evolução do terreno. A curvatura de uma vertente relaciona-se com o teor de água no solo, fluxo convergente/divergente, taxa de erosão/deposição (MOORE et al., 1991), transporte e acúmulo de minerais e material orgânico (SCHMIDT et al., 2003).

Logo, a ocorrência de comunidades vegetais distintas em superfícies geomórficas diferentes é uma das consequências desses processos. É possível observar, através de estudos realizados na área, que existe uma diferença entre as pedoformas que compõem a paisagem da

área. As quais não diferenciam somente em relação aos atributos do solo, mas também na distribuição das espécies vegetais (MENEZES, 2008; CONTO, 2013).

A modificação na fertilidade do solo e a deterioração dos atributos físicos, químicos e biológicos, formam uma barreira para a regeneração natural da vegetação e, por muitas vezes, também limitam os programas de revegetação (SANTOS et al., 2017).

O presente trabalho visa promover estudos da dependência micorrizica das espécies previamente selecionadas atrelada a presença do fungo micorrízico e sua influência no estabelecimento das espécies. A partir do exposto esse estudo tem como objetivo geral avaliar a dependência micorrizica e a influência de fungos micorrízicos em espécies florestais nativas da Mata Altântica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Efeito Ambiental da Paisagem

O terreno pode apresentar diferentes formas que podem ser observadas na natureza. De acordo com o modelo de terreno estabelecido por TROEH (1965), baseado nas diferentes pedoformas. Essas podem ser lineares, côncavas (deposicionais) e convexas (erosionais), sendo dependentes umas das outras pedogeneticamente (SOMMER & SCHLICHTING, 1997), ocorrendo de forma adjacente na paisagem (DANIELS et al., 1971). Nesse modelo, a curvatura serve de indicativo do grau de intemperismo e de evolução do terreno. A curvatura de uma vertente relaciona-se com o teor de água no solo, fluxo convergente/divergente, taxa de erosão/deposição (MOORE et al., 1991), transporte e acúmulo de minerais e material orgânico (SCHMIDT et al., 2003).

As vertentes que compõem a paisagem podem ser divididas em diferentes segmentos, sendo estes denominados de: topo, ombro, escarpa, sopé de transporte, sopé de deposição entre outros. A distribuição espacial do solo como corpo natural permite a formação de pedoambientes distintos, em função de processos geomórficos e hidrológicos (YOUNG & HAMMER, 2000).

Estes segmentos podem ser observados ao longo de uma topossequência propiciando a variação dos atributos do solo, que estão associados à drenagem e ao transporte lateral. Tais padrões podem contribuir para o aumento ou diminuição da complexidade dessas áreas, em função de processos erosionais dos compartimentos mais elevados do terreno ou deposicionais ou acúmulo, nas partes de menor cota.

No trabalho desenvolvido por UBERTI & KLAMT (1984), foi observado maior grau de desenvolvimento dos solos em posição de topos, onde há dominância de solos distróficos, enquanto em posições de terraços e escarpados há predominância de solos mais jovens e eutróficos. PACHEPSKY et al. (2001) destacam a importância da segmentação da vertente (topo, ombro, sopé, meia encosta, entre outros) para a compreensão do transporte e retenção de água no solo e sua relação com deposição de sedimentos, de maneira a provocar variabilidade espacial nos atributos do solo.

Estudos desenvolvidos por PARK & BURT (2002) e MULLA & MCBRATNEY (1999) afirmam que os aspectos topográficos do terreno podem ser bons indicadores da variação dos atributos do solo, pois essa variabilidade é causada por pequenas alterações do declive que afetam o transporte e o armazenamento de água dentro do perfil do solo.

As Formações de Floresta estacional são fortemente influenciadas por uma série de fatores físicos locais, como as variações edáficas e topográficas. As variações na declividade são fatores que produzem variedades de situações ambientais como: gradiente de umidade, no

transporte de partículas do solo, organização vertical do dossel, geração de aspecto de degraus (OIVEIRA et al., 2015).

Estudos desenvolvidos por SOUZA et al. (2003) e MONTANARI et al. (2005) demonstram que as pedoformas côncavas apresentam maiores variações em seus atributos granulométricos, conteúdo de matéria orgânica e fatores de erosão quando comparado a uma pedoforma linear. Isto indica que os atributos do solo apresentam padrões diferenciados em função das curvaturas do terreno.

Os autores NIZEYIMANA & BICKI (1992) observaram que as formas de relevo côncavas apresentaram maiores variabilidades de densidade do solo, capacidade de troca catiônica (CTC) e disponibilidade de fósforo quando comparadas às pedoformas convexas. Além disso, observaram que a pedoforma côncava propicia aumento do conteúdo de carbono orgânico, da CTC e do conteúdo de argila e diminuição da densidade do solo e teor de areia, respectivamente da meia encosta para o sopé de deposição, padrão que é atribuído às condições de drenagem e inclinação do declive.

Quanto à vegetação, gradientes florísticos relacionam-se intimamente com as condições hídricas e fatores edáficos, associados à declividade e à topografia, em ambientes florestais (CARDOSO & SCHIAVINI, 2002). Em escala local, pode-se considerar a topografia como a variável de maior importância na distribuição espacial e estrutura das florestas tropicais, pois é normal que ela corresponda às mudanças nas propriedades do solo e no regime de água (RODRIGUES et al., 2007). Diversos autores vêm demonstrando essas relações em seus estudos (CLARK et al., 1998; OLIVEIRA FILHO et al., 1994, 1998, 2001; ESPÍRITO SANTO et al., 2002; SOUZA et al., 2003; CARVALHO et al., 2005; RODRIGUES et al. 2007).

A heterogeneidade de ambientes dentro de uma floresta é um dos principais determinantes da sua composição florística, mesmo em pequenas escalas, em fragmentos diminutos (OLIVEIRA FILHO et al. 1994, 1998; BOTREL et al. 2002).

O formato do terreno afeta os padrões da vegetação dentro de regiões climáticas, sendo que em áreas montanhosas esses padrões são intimamente relacionados aos padrões do terreno ao nível de microfeição (ISHIZAKI & OKITSU, 1988; HARA et al., 1996).

Para MEILLEUR et al. (1992), a geomorfologia exerce influência na distribuição de grupos ecológicos, assim como a topografia e a drenagem.

Os mecanismos que provocam mudanças por elevação e topografia na diversidade florística e estrutura em florestas tropicais de regiões montanhosas ainda são pouco compreendidos, visto que se tratam de gradientes indiretos que se correlacionam com diversos outros fatores ambientais, também interrelacionados entre si (HOMEIR et al., 2010).

As plantas integram diversos fatores ambientais difíceis de serem medidos diretamente, mas podem ser facilmente usadas para se estimar qualidade de sítios, classificar e mapear terras florestadas (SPIES & BARNES, 1985).

Nesse contexto, a análise integrada da vegetação e fatores ambientais estáveis torna-se uma alternativa interessante. Abordagens multifatoriais confiáveis de classificação das terras devem integrar esses fatores ambientais estáveis, tais como fisiografia e solo, às variáveis florísticas e fitossociológicas (MEILLEUR et al. 1992).

2.2. Fungos Micorrízicos e Dependência Micorrízica.

São os simbioses mais comuns dentre os vegetais superiores, estabelecendo com eles simbioses denominadas “micorrizas”, com aproximadamente 80% das espécies de plantas tendo a capacidade de estabelecer essa associação. São biotróficos obrigatórios, ou seja, eles necessitam estar associados a raízes metabolicamente ativas de plantas compatíveis para que possam se multiplicar. (HACKL et al., 2012; HUMPHREY et al., 2015).

Estes fungos alteram a produtividade e a competitividade de plantas e a sua presença em solos tem sido relacionada a aumentos de produtividade e diversificação de ecossistemas vegetais terrestres (VAN DER HEIJDEN et al., 1998). Há anos, tem sido comprovado que a inoculação de estirpes selecionadas de FMA podem proporcionar ganhos de produção considerável, em condições controladas e de campo (SIEVERDING, 1991).

Devido à sua ampla representatividade no ecossistema, os FMAs podem representar quase 50% da biomassa microbiana no solo (OLSSON et al., 1999). O comprimento das hifas que se associam as plantas pode ser superior a centenas de metros por centímetro cúbico de solo (MILLER et al., 1995), fornecendo um benefício pela sua especialidade em absorver nutrientes e água. A micorriza se torna, com isso, a associação mais importante entre microrganismos e plantas e, conseqüentemente, o principal dreno de fotoassimilados (MORTIMER et al., 2008). O fungo pode drenar aproximadamente 20% dos fotoassimilados produzidos pelas plantas (cerca de 5 bilhões de toneladas de carbono por ano) (BAGO et al., 2000).

FMA (filo Glomeromycota) são fungos abundantes em solos e ocorrem de forma quase que generalizada na maioria dos ecossistemas vegetais terrestres. Atualmente, foram identificadas cerca de 250 espécies (<http://invam.wvu.edu/collection>). Esta interação apresenta através do incremento de superfície de absorção e do aumento do volume de solo explorado efeito sobre a nutrição das plantas. Isto ocorre por meio do incremento na absorção de nutrientes, especialmente aqueles que apresentam uma menor taxa de mobilidade no solo, como o fósforo, ou incrementando a absorção de água sob condições de estresse hídrico. Os FMA apresentam também efeito sinérgico sobre a fixação biológica de nitrogênio (FBN) em algumas interações triplas (fungo-planta-bactéria), pelo fato das leguminosas estarem mais bem nutridas quando em associação com FMA ou quando estes influenciam no processo de infecção radicular.

A formação dessa simbiose tem seu funcionamento ligado a fatores externos, como a disponibilidade de fósforo, o pH, o nível de fertilidade do solo, fatores físicos como umidade/aeração, devido a seu caráter aeróbico, luminosidade e temperatura; interações entre FMAs e outros organismos do solo; aplicação de agrotóxicos; manejo do solo e de culturas; fatores inerentes à planta hospedeira como a compatibilidade desta com o isolado e o grau de grau de micotrofismo, ou dependência micorrízica da espécie hospedeira (SIQUEIRA & SAGGIN, 2001; OLIVEIRA JÚNIOR et al, 2017; FUZY et al, 2014).

O estabelecimento da simbiose tem início a partir da exsudação de compostos radiculares capazes de estimular a ramificação das hifas esporofíticas que entram em contato com a raiz. A partir disso, ocorre a diferenciação dessas hifas em apressórios prosseguindo assim a colonização do córtex radicular, tanto inter quanto intracelularmente. No córtex, algumas hifas intracelulares diferenciam-se em arbúsculos, estruturas responsáveis pela troca de metabólitos entre os simbioses (SIQUEIRA, 2010).

Os principais objetivos da seleção para a melhor simbiose micorrízica são: aumentar a produção de plantas em solos; facilitar a recuperação de áreas degradadas e solos contaminados; reduzir o uso de insumos químicos, principalmente de fertilizantes e, assim,

contribuir para alcançar uma agricultura mais sustentável e menos dependente de insumos manufaturados.

A simbiose tem seu funcionamento ligado a fatores externos como a disponibilidade de fósforo, bem como seu grau de dependência micorrízica (grau de micotrofismo da espécie hospedeira). De acordo com SMITH & READ (1997), a ausência de especificidade tem sido estabelecida por falta de evidências. É possível que pequenas diferenças manifestadas na restrição destes parceiros contribuam para reduzida diversidade dos fungos, em comparação com a ampla diversidade de espécies hospedeiras. Considerando ser o hábito micotrófico comum nas plantas tropicais, poucas combinações fungo-planta foram estudadas, razão pela qual as micorrizas arbusculares são consideradas sem especificidade hospedeira.

A dependência micorrízica foi definida inicialmente como o grau que a planta depende do fungo micorrízico para alcançar seu maior desenvolvimento, em um ambiente (GEDERMANN, 1975). Esse conhecimento foi gerado com base na hipótese de que a maioria das plantas teria a capacidade de pleno crescimento em áreas sem a deficiência de P. Essa dependência possui uma ligação direta com as características morfológicas do sistema radicular das espécies estudadas, com uma presença maior de raízes finas a espécie seria dependente de fungos micorrízicos em áreas cujo fósforo fosse escasso somente. Espécies florestais que apresentam o sistema radicular com uma espessura maior seriam mais dependentes do fungo mesmo em solos com o fósforo presente (BAYLIS, 1975). Essa hipótese foi testada novamente em área tropical pelo autor ST. JOHN (1980) com espécies da floresta Amazônica, confirmando que a hipótese é aplicada a espécies tropicais também.

Alguns estudos fornecem informações sobre a relação entre a micorriza e o grupo sucessional a que a espécie faz parte. A maior ocorrência do fungo micorrízico seria em espécies do grupo das pioneiras, seguida pelas secundárias e por fim das espécies climácicas (CARNEIRO et al., 1998).

O fato é que nem os inúmeros benefícios gerados pela simbiose nem os fatores responsáveis pelos diferentes graus de dependência micorrízica, nem as diferentes taxas de colonização encontradas entre as espécies estão bem compreendidas.

Para o desenvolvimento vegetal em comunidade o grau de micotropia, a responsividade e a dependência micorrízica são importantes variáveis para um melhor desenvolvimento, principalmente em comunidades com alta diversidade de espécies e toda a dinâmica do ecossistema (SUN et al, 2015)

Porém evidências de comportamento específico têm aumentado (BEVER, 2002). Já está determinado na literatura que diferentes espécies de fungos micorrízicos podem diferir no efeito sobre o desenvolvimento da planta ou em funções específicas (ROGERS et. al. 1994, OLIVEIRA JÚNIOR et al, 2017), assim como a variação da espécie de planta (SANDERS et al., 1996), evidenciando a existência de certa especificidade funcional nesta simbiose.

Este tipo de especificidade relaciona-se com o balanço entre benefícios e custos do fungo para o hospedeiro, o que, às vezes, é atribuído a diferenças no grau de colonização ou na eficiência do transporte de nutrientes entre o micossimbionte e a planta, assim como de dreno energético causado pelo fungo nas raízes (ABBOTT & ROBSON, 1982)

POUYU-ROJAS et. al. (2006) verificaram, em espécies de leguminosas utilizadas em reflorestamento, um espectro de promiscuidade simbiótica variável de restritas às generalistas, e concluíram que *Glomus clarum* e *Entrophospora colombiana* foram os fungos com maior amplitude de eficiência simbiótica, recomendando também a utilização de *Scutelospora pellucida* e *Glomus etunicatum* para programas de reflorestamento com espécies nativas comuns do Sudeste brasileiro.

2.3. Produção e Recomendação de Mudanças para Recuperação de Áreas Degradadas.

O grande aumento populacional e a crescente demanda por recursos naturais têm gerado a cada dia mais áreas em diferentes estágios de degradação, as quais necessitam de intervenção antrópica para seu restabelecimento. Boas práticas de recuperação de áreas degradadas vêm sendo desenvolvidas a cada dia, especialmente no tocante a produção de mudas, onde a pesquisa tem buscado a utilização de novos substratos nessa etapa.

Na produção de mudas, o substrato tem importante papel no condicionamento das mudas para o seu melhor desenvolvimento no aspecto nutricional. A escolha da composição do substrato considerando toda sua característica física, química, ressaltando a economia para sua produção em pequena escala e sua disponibilidade, são importantes fatores que devem ser considerados, além da melhor escolha da espécie para produção (SIMÕES et al., 2012). As características desse substrato devem ser benéficas e de composição uniforme. Para favorecer o desenvolvimento da muda o substrato deve apresentar características tais como: baixa densidade, porosidade, capacidade de retenção de água, capacidade de troca catiônica, isento de pragas, organismos patogênicos e de sementes de ervas daninhas (POZZA et al., 2007; SIMÕES et al., 2012).

O grande objetivo é a formulação de um substrato economicamente viável que possibilite e atenda a todas as exigências do vegetal para seu máximo desenvolvimento.

Para um melhor desenvolvimento do sistema radicular da muda, cuidados devem ser tomados na escolha do recipiente, pois ele pode restringir o desenvolvimento da planta durante seu período de permanência no viveiro (GONZAGA et al., 2016).

Por esses motivos, e mediante a imensa necessidade de obtenção de mudas de qualidade, têm sido testadas diferentes combinações de substratos, estudando assim as melhores respostas das mudas através de medidas de sua produtividade, como a massa da matéria seca da planta e sua altura, entre outros fatores (FILHO et al., 2003).

A caracterização das condições mais apropriadas para a produção de mudas propicia melhores condições para o crescimento inicial em campo, colaborando para o aumento da homogeneidade, sanidade e redução da mortalidade do plantio. Nesse aspecto, para espécies nativas, há poucas recomendações e prescrições. FIGLIOLIA et al. (1993) indicam a vermiculita e a areia como substratos de características desejáveis para a produção de mudas.

A produção de mudas em quantidade e qualidade configura uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos, principalmente com espécies nativas. A diferença nas condições edafoclimáticas observadas entre as pedofomas, se levada em consideração, poderia ser utilizada como um novo critério de seleção de espécies para programas de recuperação de áreas. Esse critério pode aumentar as chances de sucesso e assim proporcionar uma redução nos custos.

2.4. Recuperação de Áreas Degradadas

As áreas degradadas são caracterizadas como sendo áreas que perderam sua resiliência, ou seja, perderam totalmente sua capacidade de se restabelecerem como ecossistema estável frente a uma biodiversidade de fauna e flora.

As principais ações para que as áreas degradadas possam voltar a ser produtivas consiste no desenvolvimento e estabelecimento de sistemas de manejo do solo, seguido da revegetação do local de maneira inclusive, a propiciar o retorno da fauna, em especial polinizadores e dispersores e consequentemente da flora regional.

Na literatura sobre manejo dos recursos naturais degradados, costuma-se observar o uso de vários termos como recuperação, reabilitação, restauração, regeneração, revegetação, recomposição, entre outros, cujos métodos estendem-se ao manejo e conservação de solos degradados, áreas afetadas por mineração, pastagens, áreas abandonadas, recursos hídricos e outros (LIMA, 1994)

A seleção cuidadosa de espécies vegetais, e práticas de manejo baseadas no entendimento da sucessão natural e dos processos de ciclagem de nutrientes para a plantação de florestas são importantes instrumentos para a recuperação de solos tropicais degradados (NAGY, 1997).

De acordo com DAVIDE (1994), a escolha de espécies para utilização em recuperação de áreas degradadas deve ter como ponto de partida estudos de composição florística da vegetação remanescente da região. A partir destes levantamentos, experimentos silviculturais devem ser montados, procurando explorar a variação ambiental e níveis de tecnologia.

A escolha ou criação de um modelo de revegetação é um processo em constante aprimoramento, que é alimentado não só pelos conhecimentos básicos sobre ecologia, demografia, genética, biogeografia, mas também pelas informações sobre o ambiente físico e biológico da região onde irá ser implantado. A interação dos conhecimentos teóricos básicos, informações sobre a área e tecnologia disponível é que vai determinar qual o modelo mais adequado para cada situação (KAGEYAMA & GANDARA, 1997).

A pesquisa voltada ao desenvolvimento de sistemas e modelos de recuperação de mata ciliares e de áreas degradadas tem avançado muito nos últimos anos. Apesar de tudo, os modelos gerados usualmente limitam-se ao âmbito da pesquisa, tendo sua aplicabilidade ainda restrita pelo alto custo de implantação e manutenção (ENGEL et al, 2002).

A recuperação de áreas inicia-se pela sistematização da área. Esse processo consiste de uma intervenção mecânica onde o objetivo é promover a estabilização do talude, tornando-o mais receptivo ao plantio e menos suscetível à ocorrência de processos erosivos comumente originados pela declividade (MARTINS, 2010).

Determinadas áreas tornam-se inviáveis ao processo de recuperação pela ocorrência de uma declividade extremamente elevada, influenciando assim na escolha do método de revegetação da área. Áreas mais elevadas, com declividade superior a 50 %, são comumente observadas no Estado do Rio de Janeiro. Nessas áreas, a mecanização do plantio não pode ser feita, o que onera muito o custo de implantação do reflorestamento. Além disso, por serem áreas mais sujeitas aos efeitos do déficit hídrico, é comum ser observado menor desenvolvimento das plantas. Esse desenvolvimento é diretamente influenciado pela posição que as plantas ocupam na encosta. Em geral, no terço inferior e na face sul das áreas, as plantas se desenvolvem melhor do que no médio ou superior e na face norte.

A seleção da técnica de revegetação dessa área será determinada levando se em consideração determinadas características do talude como: textura, estrutura e localização, se em meio urbano ou rural, a disponibilidade de semente e mudas, clima da região e recursos financeiros disponíveis (MARTINS, 2010).

A abordagem dada pelo Departamento de Estradas de Rodagem para a contenção dos taludes rodoviários tem sido na maioria das vezes por meio de obras de geocontenção: camadas impermeabilizadoras, gabiões, muros de arrimo, concreto projetado, entre outros. São medidas importantes para o processo, porém há casos exclusivos (EINLOFT et al.,2009).

Áreas com distúrbios podem ter a regeneração natural comprometida, e em algumas situações, essa regeneração não ocorre ou se efetua de forma lenta, deixando a superfície exposta aos agentes erosivos, acelerando ainda mais o processo de degradação (FRANCO et al., 1992). Para acelerar o processo, a implantação de cobertura vegetal é uma opção coerente

e econômica. A vegetação atua no controle da erosão, amortecendo o impacto das chuvas, elevando a porosidade superficial, como barreira física ao transporte de material, entre outros. Dessa forma, a situação ideal não é escolher exclusivamente uma ou outra técnica de recuperação, ao contrário, é necessário usar e harmonizar as técnicas civis de contenção e medidas biológicas, a fim de obter resultados satisfatórios.

Estudo realizado por BARBOSA (2006) aponta que o custo de manutenção em reflorestamentos implantados com alta diversidade na fase inicial é mais alto devido à maior lentidão com que ocorre a cobertura do solo em função da consequente invasão de gramíneas. Essa situação exige o desenvolvimento de técnicas que venham a facilitar e reduzir os custos de implantação de povoamentos (MATTEI, 1999), permitindo dessa forma que o ambiente possa ser ocupado por outras espécies. No processo de condução de regeneração natural, a revegetação é obtida naturalmente através do banco de sementes e outros propágulos (raízes, bulbos, etc) existentes no local ou por mecanismos de dispersão, como por exemplo, pela fauna (aves, mamíferos), pelo vento, chuva e outros (NAPPO et al., 2001). Além dos menores custos, RIBEIRO et al. (2002), citam a condução da regeneração natural, como uma das vantagens que facilitam a adaptação às condições ecológicas; tem menores possibilidades de insucesso e em geral não requer grandes perturbações de solo. Desta forma sugere-se a aplicação de técnicas que visem à restauração do ecossistema como um todo por meio do incremento no processo sucessional (REIS et al., 2006).

Existe também a técnica de transposição de solos que auxilia na reestruturação do solo e no estabelecimento de espécies pioneiras que se encontravam no banco de sementes desta porção de solo transposta (FERREIRA, 2015), iniciando o processo a partir de uma adição de um novo horizonte A. Em estudo realizado por TRES et al. (2007), essa técnica mostrou-se eficiente pois favoreceu o recrutamento de 36 novas espécies para o novo sítio de forma a atingir um ecossistema mais próximo do original.

Uma alternativa para áreas de encosta desprovidas de cobertura vegetal é a hidrossemeadura, que consiste em uma aplicação de uma mistura homogênea de água, sementes e mulch sobre a superfície. (MACEDO et al., 2003; TINSLEY et al., 2006)

2.5. Escolha de espécies para Recuperação de Áreas degradadas.

A variabilidade de espécies disponíveis torna o processo extremamente delicado. Através de estudos de interações planta/meio, as espécies mais adaptadas e estudadas terão mais chance de sobrevivência. Notou-se, então, uma discussão nos meios acadêmicos de estudos científicos que contribuíssem para aumentar conhecimentos voltados às práticas sobre o comportamento de espécies nativas em recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA et al., 2015; NOGUEIRA et al., 2015). Para tanto, deve-se utilizar o conceito da diversidade de espécies, variabilidade genética nas populações, distribuição espacial dos indivíduos, polinização e dispersão de sementes, a interação entre espécies e sucessão ecológica (KAGEWAYA, 1992), assim como adaptar as tecnologias já conhecidas aos processos de recuperação. A grande parte dos problemas de plantio está relacionada com o entendimento da vegetação (KAGEYAMA & CASTRO, 1989).

Durante a escolha de quais ou qual espécies utilizar e o esquema de distribuição das mesmas. Alguns questionamentos devem ser levantados: quais e quantas espécies devem ser utilizadas? Qual o número de indivíduos de cada espécie? Qual seria o melhor arranjo entre as espécies escolhidas? (BOTELHO et al., 1996).

A utilização das espécies pioneiras é essencial para o sucesso do plantio, visto que, pelo seu rápido desenvolvimento, fornecem proteção ao solo e condições microclimáticas necessárias ao estabelecimento das espécies dos estágios sucessionais posteriores, porém não

deve se utilizar somente esse grupo ecológico na composição das espécies (SOARES, et al, 2016). Naturalmente nas florestas tropicais, a sucessão florestal desenvolve um processo gradativo: primeiro instalam-se as espécies pioneiras, que darão condições para o surgimento das espécies secundárias, e essas proporcionarão as condições para as espécies mais tolerantes, as chamadas espécies clímax. Todo esse processo depende de vários fatores dentre eles os mecanismos de dispersão, e muitas vezes se dão de forma concomitante, só mudando o grupo de espécies predominantes a cada fase.

As leguminosas também despertam grande interesse, já que em sua maioria, são lenhosas e perenes e formam simbiose eficiente com rizóbio, que fixa nitrogênio do ar e com o fungo micorrizico para melhora na absorção de fósforo (TAVARES et al., 2016)). Segundo DINIZ (2008), essa técnica de recuperação que utiliza leguminosas arbóreas mostra-se muito eficiente, pois devido a associação com bactérias fixadoras de N e fungos micorrízicos arbusculares, fica garantido o suprimento de N e P, que são elementos essenciais para o desenvolvimento da vegetação, e limitantes para o desenvolvimento em condição natural, já que possuem condições peculiares de assimilação pela planta. Como em áreas degradadas a condição é mais limitante, essa associação tornará a estabilização na área pela espécie possível.

Deve ser feita uma análise detalhada na área observando-se uma série de condições ambientais, como por exemplo, a topografia, o regime hídrico, o tipo de solo, a fertilidade natural, a presença de processos erosivos, o clima, a presença de pragas e capacidade de regeneração natural. Esses fatores são fundamentais para recomendações como o preparo do solo e correção de pH, proteção da área, seleção das espécies, espaçamento, arranjo de plantio e manejo futuro (TAVARES et al., 2016; SOARES, et al, 2016).

As características diferentes encontradas no solo de uma topossequência, associadas às análises da vegetação arbórea encontradas nesses locais, permitem avaliar a preferência de determinadas espécies a ambientes de encosta, topo, plano e ravina, bem como identificar as espécies que são indiferentes, ocorrendo em qualquer local.

Desta forma, as espécies que demonstrarem eficiências climática, ampla adaptabilidade, tornam-se aptas as condições dos solos, para bem orientar futuros plantios de acordo com o regime de hidromorfia e as variações do solo ao longo da encosta.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área

O estudo foi desenvolvido em fragmento florestal no município de Pinheiral, estado do Rio de Janeiro Pinheiral está inserida nas zonas climáticas Aw – savana equatorial com inverno seco, e Cfa – clima quente e úmido, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger (KOTTEK et al., 2006) (Figura 1).

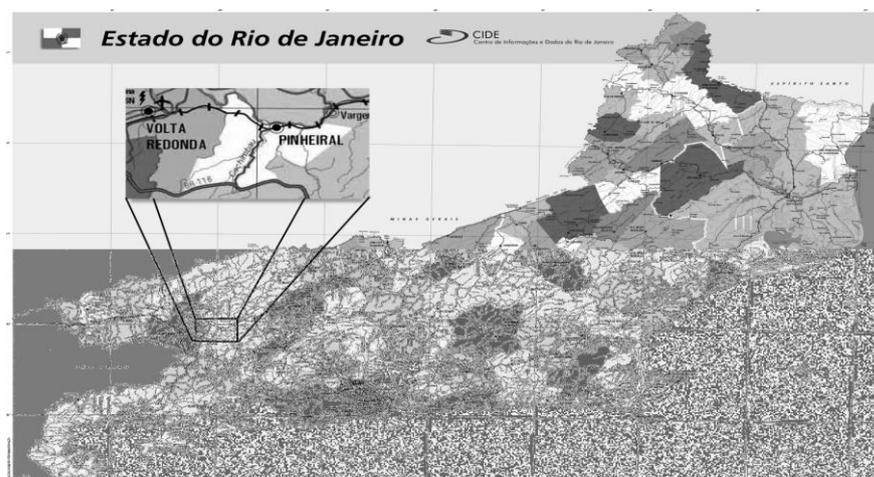


Figura 1. Imagem da área de estudo no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: CIDE (Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro).

A área está inserida no domínio ecológico da Mata Atlântica, em região de cobertura original denominada Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 1992), em fragmentos atualmente considerados como floresta secundária inicial (MMA, 2006). A vegetação na área das pedoformas estudadas dentro do fragmento enquadra-se como floresta secundária em estágio avançado de regeneração, segundo Menezes (2008). Os solos da área de estudo foram classificados segundo Menezes (2008) como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico. O relevo local é tipicamente conhecido como “Mar de Morros” (Figura 2).



Figura 2. Imagens do Relevo Mar de Morros encontrado na área de estudo.

Fonte: Pereira (2013).

Foram selecionadas duas toposequências, localizadas em duas pedoformas contíguas, côncava e convexa (Figura 3).



Figura 3 A e B: Visão interna da pedoforma convexa (A) e côncava (B).

Fonte: Santos, (2014).

Seleção das espécies a serem utilizadas nos testes de dependência micorrízica e de substratos

A seleção das espécies seguiu a lista gerada pelo trabalho realizado por Lopes (2014). Nesse trabalho o autor discute sobre o efeito da pedoforma sobre a variação de alguns atributos da área, inclusive da distribuição espacial das espécies. Possivelmente essas pedoformas estão em um processo de sucessão ecológica natural, isso pode ser avaliado pelo resultado do IVI encontrado entre as diferentes pedoformas. Aparentemente as espécies generalistas teriam chegado no início do processo e desencadeado a sucessão através da melhoria nas condições da área. No momento seguinte as especialistas das diferentes pedoformas (concava e convexa), teriam as condições necessárias para seu estabelecimento.

A disposição diferenciada entre as espécies retrata uma exigência de condições específicas edafoclimáticas para seu estabelecimento. As distintas necessidades para o estabelecimento das espécies em um plantio para recuperação de uma área de encosta, por exemplo, criam um critério de seleção de espécie que pode interferir no estabelecimento destas no campo, diminuindo a sua. Por fim, a disponibilidade de sementes acabou interferindo sobre a escolha das espécies, sendo essa a justificativa para a escolha de espécies que não possuíam o maior valor de IVI como estabelecido inicialmente.

4. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal in agriculture and selection of fungi for inoculation. **Australian Journal Agricultural Res.**, 3: 389- 408, 1982.
- BAGO, B., PFEFFER, P. E., SHACHAR-HILL, Y. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. **Plant Physiology**, Washington, v.124, n.3, p.949-958, Nov. 2000.
- BAYLIS, G.T.S. Tha magnolioid mycorrhiza and mycothopy in root systems derived from it. In: Sanders, F.E.; Mosse, B.; Tinker, P.B. Endomycorrhizas. **London: Academic Press**.p.373-389. 1975.
- BOTREL, R.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 195-213, 2002.
- BREVES, R. San'tana do Pirai e a sua História. Rio de Janeiro: **Daiadorin Editora**.258p. 1994.
- BEVER, J. D. Host-specificity of AM fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. **Plant Soil**. 244:281-290, 2002.
- CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG). **Revista Brasil. Bot.**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 277-289, 2002
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **Cerne**, v.4, n.1, p.129-145, 1998.
- CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CURI, N.; VAN DEN BERG, E.; FONTES, M.A.L., BOTEZELLI, L. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margem do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 19, n. 1, p. 91-109, 2005.
- CLARK, D.B.; CLARK, D.A.; READ, J.M. Edaphic variation and the mesoscale distribution of tree species in a neotropical rain forest. **Journal of Ecology**, v. 86, p. 101-112, 1998.
- CONTO, T de. Efeito da Pedoforma na Regeneração Florestal em Fragmento de Mata Atlântica.2013. Seropédica. Instituto de Floresta. **Monografia**. niversidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2013.
- DANIELS, R.B.; GAMBLE, E.F.; CADY, J.G. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 23, p. 51-87, 1971.
- DAVIDE, A. C. Seleção de espécies vegetais para recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS 2, 1994, Foz do Iguaçu. **Anais. Curitiba: FUPEF**, 1994. p.111-122.
- ENGEL, V. L.; MASSOCA, P. E. S.; PATRÍCIO, A. L.; MUNHOZ, M. O. Implantação de espécies nativas em solos degradados através de semedura direta In: **SIMPÓSIO**

NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas. p.407-409. 2002.

ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; MACHADO, E.L.M.; SOUZA, J.S.; FONTES, M.A.L.; MARQUES, J.J.G.S.M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botânica Brasílica**, v. 16, n. 3, p. 331-356, 2002.

FERREIRA, M. C. Dinâmica da regeneração natural de áreas em restauração pela transposição de solo superficial de cerrado e de floresta estacional. **Dissertação**. Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília. 87p. 2015.

FUZY, A.; BOTHE, H.; MOLNÁR, E.; BIRÓ. Mycorrhizal symbiosis effects on growth of chalk false-brome (*Brachypodium pinnatum*) are dependent on the environmental light regime. **Journal of Plant Physiology**. 171. p 1–6. 2014.

GERDEMANN, J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. In: Torrey, J.G.; Clarkson, D.T. The development and function of roots. **London: Academic Press**. p.575-591. 1975.

GONZAGA, L.M.; SILVA, S.S.; CAMPOS, S.A.; FERREIRA, R.P.; CAMPOS, A.N.R.; CUNHA, A.C.M.C.M. Recipientes e substratos para a produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.6, n.1., p.64-73, 2016.

HACKL, E.; SCHLOTTER, M.; SZUKICS, BODROSSY, L.; SESSITSCH, A. 2012. From single genes to microbial networks. In: WALL, D.H. **Soil ecology and ecosystem services**. **Oxford: United Kingdom**. p. 65-81.

HARA, M.; HIRATA, K.; FUJIHARA, M.; OONO, K. Vegetation structure in relation to microlandform in an evergreen broad-leaved forest on Amami Ohshima Island, south-west Japan. **Ecological Research**, v. 11, p. 325-337,1996.

HOMEIER, J.; BRECKLE, S-W.; GÜNTER, S.; ROLLENBECK, R.T.; LEUSCHNER, C. Tree Diversity, Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical Gradients in a Species-Rich Ecuadorian Montane Rain Forest. **Biotropica**, v. 42, n. 2, p. 140-148, 2010.

HUMPHREY, C. P.; FRANKS, P. J.; REES, M.; BITARDONDO, M. I.; LEAKE, J. R.; BEERLING, D. J. Mutualistic mycorrhiza-like symbiosis in the most ancient group of land plants. **Nature communications**. 1. 103. 2015.

ISHIZAKI, N. & OKITSU, S. Effects of soil erosion to forest structure in valley heads of hilly land: a study in the Kasumi-Kita Hills. **Pedologist**, v. 32, p. 127- 137, 1988.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Revegetação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo: Fapesp. p. 249-287. 2001.

LIMA, M. A. Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no Município de Rio Claro, SP. 264f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.1994.

MACEDO, R. L. G.; VALE, R. S.; FRANCISO, F. A.; GOMES, J. E. Hidrossemeadura para a recuperação de áreas tropicais degradadas. Revista Eletrônica de Engenharia Florestal. Ano 1, Número 1. 2003

MARTINS, S.V. Recuperação de Áreas degradadas. Cap:10. Editora Aprenda Fácil.Viçosa-MG.2010.

MATTEI, V.L. Deformações radiculares em plantas de *Pinus taeda* L. produzidas em tubetes quando comparadas com plantas originadas por sementeira direta. Ciência Florestal, v. 4, n. 1, p. 1-9, 1999.

MEILLEUR, A.; BOUCHARD, A.; BERGERON, Y. The use of understory species as indicators of landform ecosystem type in heavily disturbed forest: an evaluation in the Haut-Saint-Laurent, Quebec. Vegetatio, v. 102, p. 13-32, 1992.

MENEZES, C.E.G. Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ. 172f. Seropédica, Tese (Doutorado em Agronomia - Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

MILLER, R. M.; REINHARDT, D. R.; JASTROW, J. D. External hyphal production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pasture and tallgrass prairie communities. Oecologia, Berlin, v.103, n.1, p.17–23, July 1995. MOORE, I.D.; GRAYSON, R.B. & LADSON, A.R. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. Hydrol. Proc., v. 5, p. 3-30, 1991.

MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de Latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.40 p.69- 77, 2005.

MULLA, D. J.; MCBRATNEY, A. B. Soil Spatial Variability. In: SUMMER, M. E. Handbook of science. New York: CRC Press, p.A321-A351, 1999.

LIMA, M. A. Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no Município de Rio Claro, SP. 264f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1994.

NOBRE, C. P.; ELÍAS, S. S.; SILVA, C. F.; SANTOS, V. L.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Influência da cobertura vegetal em manejo agroecológico sobre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). IX Congresso Brasileiro de Agroecologia.Cadernos de Agroecologia - ISSN 2236-7934 - Vol 10, No. 3, OUT 2015

NIZEYIMANA, E.; BICKI, T. J. Soil and soil landscape relationships in the North Central region of Rwanda, East-Central Africa. Soil Science. Baltimore, v.153, p.225-236, 1992.

NOGUEIRA, W. L. P.; FERREIRA, M. J.; MARTINS, N. O. A. Estabelecimento inicial de espécies florestais em plantio para a recuperação de área alterada no Amazonas. Revista de Ciências Agrárias., v. 58, n. 4, p. 365-371, 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.Q.; JESUS, E.C.; PEREIRA, M.G.; CAMARA, R.; FONSECA JÚNIOR, A.M.F.; SOUZA, A.C.O. Dependency and Response of *Apuleia leiocarpa* to Inoculation with Different Species of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 41:e0160174. 2017

OLIVEIRA, M. C.; RIBEIRO, J. F.; PASSOS, F. B.; AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, F. F.; SOUZA, S. R. Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. *Revista brasileira Biociência*., Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 25-32,2015.

OLIVEIRA, M. L. A. A.; GRINGS, M.; RICHTER, F. S.; BACKES, A. R. Composição, estrutura e fatores edáficos condicionantes da distribuição das espécies do componente arbóreo em floresta ribeirinha do rio Ibirapuitã, Bioma Pampa. *IHERINGIA, Sér. Bot.*, Porto Alegre, v. 70, n. 2, p. 245 - 263,2015.

OLIVEIRA FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A.; GAVILANES, M.L. Differentiation of streamside and upland vegetation in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. *Flora*, v. 189, p. 287-305, 1994.

OLIVEIRA FILHO, A.T.; CURI, N.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A. Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody species in a central Brazilian deciduous dry forest. *Biotropica*, v. 30, p. 362-375,1998.

OLIVEIRA FILHO, A.T.; CURI, N.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in south-eastern Brazil. *Edinburgh Journal of Botany*, Edinburgh, v. 58, p. 139-158, 2001.

PARK, S. J.; BURT, T. P. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. *Soil Science Society American Journal*. Madison, v. 66, p.1897–1910. 2002.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30: 413-424, 2006.

POZZA, A.A.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; POZZA, E.A. et al. Efeito do tipo de substrato e da presença de adubação suplementar sobre o crescimento vegetativo, nutrição mineral, custo de produção e intensidade de cercosporiose em mudas de cafeeiros formadas em tubetes. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.3, p.685-692, 2007.

RODRIGUES, L.A; CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA FILHO, A.T., CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies Arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

ROGERS, J. B.; CHRISTIE, P.; LAIDLAW, A. S. Some evidence of host specificity in arbuscular mycorrhizas. *Pedosphere*, 4: 377-381, 1994.

SANDERS, I. R.; CLAPP, J.P.; WIEMKEN, A. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystem – A key to understanding the ecology and functioning of mycorrhizal symbiosis. *New Phytol.* 133: 123-134. 1996.

SANTOS, G. L. Efeito da pedoforma no processo de sucessão secundária em fragmentos florestais na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 130 f.: il. 2014.

SANTOS, G. L.; PEREIRA, M. G.; CONTO, T.; CARVALHO, D. C.; AMORIM, T. A.; MENDONÇA, V. M. M.; MORAES, L. F. D. Influência da pedoforma na composição do banco de sementes em floresta secundária na região de mar de morros, Pinheiral-RJ. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1217-1228, 2017.

SCHMIDT, J.; EVANS, I.S.; BRINKMANN, J. Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 17, n. 8, p. 797-814, 2003.

SIMÕES, D.; SILVA, R.B.G.; SILVA, M.R. Composição do substrato sobre o desenvolvimento, qualidade e custo de produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Ciência Florestal*, v.22, n.1, p.91- 100, 2012

SMITH, E. S.; READ, J. D. *Mycorrhizal symbiosis*. 2 ed. New York: Academic Press. 605p. 1997.

SOARES, A. A. V.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Influence of ecological group composition, plantation spacing and arrangement in the restoration of riparian forest on reservoir shores. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 26, n. 4, p. 1107-1118, out.-dez., 2016.

SOMMER, M.; SCHLICHTING, E. Archetypes of catenas in respect to matter; a concept for structuring and grouping catenas. *Geoderma*. Amsterdam, v. 76, p. 1-33, 1997.

SOUZA, J.S.; ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; BOTEZEL-LI, L. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. *Revista Árvore*, v. 27, p. 185-206, 2003.

SUN, J.; MILLER, J. B.; GRANQVIST, E.; WILEY-KALIL, A.; GOBBATO, E.; MAILLET, F.; COTTAZ, S.; SAMAIN, E.; VENKATESHWARAN, M.; FORT, S.; MORRIS, R.J.; ANÉ, J.M.; DÉNARIÉ, OLDROYD, G.E.D. Activation of Symbiosis Signaling by Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Legumes and Rice. *The Plant Cell*, Vol. 27: 823–838, 2015.

TAVARES, S.R.L.; FRANCO, A.A.; SILVA, E.M.R. Produção de mudas de *Acacia mangium* Willd noduladas e micorrizadas em diferentes substratos. *HÓLOS*, v. 4, n. 32, 2016.

TROEH, F. R. Landform equations fitted to contour maps. *Soil Science Society American Journal*. New York, v.263, p.616-27. 1965.

UBERTI, A. A.; KLAMT, E. Relações solos superfícies geomórficas na encosta inferior do nordeste do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v. 8, p.229-234, 1984.

VAN DER HEIJDEN M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF, E.R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. London: **Nature**. 396: 69-72.

YOUNG, F. J. & HAMMER, R. D. Defining geographic soil bodies by landscape position, soil taxonomy, and cluster analysis. Soil Science Society American Journal, Madison, v. 64, p. 989-998, 2000.

Capítulo I

A ESPÉCIE FLORESTAL *Apuleia leiocarpa* (VOGEL) J.F. MACBR APRESENTA DEPENDÊNCIA E RESPOSTA DISTINTA À INOCULAÇÃO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Artigo publicado:

OLIVEIRA JÚNIOR, J.Q.; JESUS, E.C.; PEREIRA, M.G.; CAMARA, R.; FONSECA JÚNIOR, A.M.F.; SOUZA, A.C.O. 2017. Dependency and Response of *Apuleia leiocarpa* to Inoculation with Different Species of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 41:e0160174.

RESUMO

A inoculação das mudas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é uma alternativa que pode melhorar a eficiência dos plantios florestais, reduzindo os custos e aumentando a sobrevivência das espécies. Com isso o presente estudo teve o objetivo de avaliar a resposta da espécie florestal *Apuleia leiocarpa* à inoculação de FMAs e conjuntamente avaliar seu nível de dependência micorrízica. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×5 , com seis repetições. Os tratamentos corresponderam às combinações de cinco doses de fósforo (0, 24, 71, 213 e 650 mg kg⁻¹ de P) e cinco níveis de inoculação com FMAs (sem inoculação, inoculação com os fungos *Rhizophagus clarus*, *Gigaspora margarita*, *Dentiscutata heterogama* e com uma mistura das três espécies). A *A. leiocarpa* respondeu de forma diferenciada à inoculação, sendo o maior acúmulo de biomassa vegetal observado quando a espécie foi inoculada com *D. heterogama*, nas doses de 213 e 650 mg kg⁻¹ de P e com a mistura de fungos, nas doses de 71, 213 e 650 mg kg⁻¹ de P. O acúmulo em biomassa vegetal devido à inoculação com *D. heterogama* nas diferentes doses de P foi positivo e linear, enquanto o acúmulo devido à inoculação com a mistura de fungos apresentou um ajuste de raiz quadrada, também positivo. O acúmulo de biomassa não foi expressivo quando a *A. leiocarpa* foi inoculada com *G. margarita*. A inoculação com *R. clarus*, por sua vez, proporcionou resposta positiva nas menores doses de P, porém a associação adquiriu um caráter negativo na dose de 650 mg kg⁻¹ de P. O benefício relativo da inoculação com esses fungos foi de mais de 100 % na maioria dos tratamentos de inoculação, demonstrando a alta dependência micorrízica da *A. leiocarpa*. Pode-se concluir que a espécie estudada apresentou alta dependência micorrízica e a inoculação de fungos micorrízicos ocasionou o benefício nutricional para *A. leiocarpa*; que esta resposta é dependente da espécie de fungo colonizando as raízes da planta e que a melhor combinação fungo-dose foi a de inoculação com a mistura de fungos na dose de 71 mg kg⁻¹ de P.

Palavras-chave: endomicorriza, fósforo, simbiote.

ABSTRACT

The inoculation of seedlings with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is an alternative that can improve the efficiency of forest plantations, reducing costs and increasing the survival of the species. The present study aimed to evaluate the response of the *Apuleia leiocarpa* forest species to the inoculation of AMF and to jointly assess their level of mycorrhizal dependence. The experiment was installed in a completely randomized design, in a 5×5 factorial scheme, with six replications. The treatments corresponded to the combinations of five doses of phosphorus (0, 24, 71, 213 and 650 mg kg⁻¹ of P) and five levels of inoculation with FMAs (without inoculation, inoculation with fungi *Rhizophagus clarus*, *Gigaspora margarita*, *Dentiscutata heterogama* and with a mixture of the three species). *A. leiocarpa* responded differently to the inoculation, with the greatest accumulation of plant biomass observed when the species was inoculated with *D. heterogama* at doses of 213 and 650 mg kg⁻¹ of P and with the fungus mixture at the doses of 71, 213 and 650 mg kg⁻¹ of P. The accumulation in plant biomass due to the inoculation with *D. heterogama* at the different doses of P was positive and linear, while the accumulation due to the inoculation with the fungus mixture presented an adjustment of square root, also positive. The accumulation of biomass was not significant when *A. leiocarpa* was inoculated with *G. margarita*. The inoculation with *R. clarus*, on the other hand, provided a positive response in the lower doses of P, but the association acquired a negative character in the dose of 650 mg kg⁻¹ of P. The relative benefit of the inoculation with these fungi was of more than 100% in most inoculation treatments, demonstrating the high mycorrhizal dependence of *A. leiocarpa*. It can be concluded that the species studied showed high mycorrhizal dependence and the inoculation of mycorrhizal fungi caused the nutritional benefit for *A. leiocarpa*; that this response is dependent on the fungus species colonizing the roots of the plant and that the best fungus-dose combination was that of inoculation with the fungus mixture at the dose of 71 mg kg⁻¹ of P.

Key words: endomycorrhiza, symbiote, phosphorus.

5. INTRODUÇÃO

O emprego da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que são os simbiontes mais comumente associados às plantas superiores (SMITH & READ, 1997), na produção de mudas contribui para o aumento do sucesso da revegetação de áreas degradadas e desonerar o custo da mesma, pela conseqüente aceleração em seu crescimento (FRANCO & FARIA, 1997; CHAER et al., 2011). Esses fungos (filo Glomeromycota) ocorrem de forma quase que generalizada na maioria dos ecossistemas terrestres e proporcionam ganhos consideráveis de produção e competitividade para as plantas hospedeiras (SIEVERDING, 1991), o que favorece a diversificação vegetal em tais ecossistemas (VAN DER HEIJDEN et al., 1998). Esse padrão pode ser atribuído ao comprimento das hifas de tais fungos ser capaz de explorar uma maior extensão de solo, quando comparado com o sistema radicular da planta hospedeira, o que concorre para o aumento da absorção de nutrientes e água pelas plantas. Portanto, a micorriza é considerada uma das associações mais importantes entre plantas e microrganismos (WANG & QIU, 2006).

Sabe-se que a resposta ou benefício nutricional das plantas à colonização, que se reflete em aumento do crescimento e produtividade das mesmas (ROCHA et al., 2006), varia conforme a combinação entre planta hospedeira, espécie de FMA e condições ambientais (ROGERS et al., 1994; SAGGIN JÚNIOR et al., 1994; SANDERS et al., 1996). Portanto, há evidências de certa especificidade funcional nesta simbiose (BEVER, 2002), que varia com o balanço entre benefícios e custos do fungo para o hospedeiro (KOIDE, 1991). Isso é atribuído a diferenças no grau de colonização ou na eficiência do transporte de nutrientes entre o micossimbionte e o fitossimbionte, variando assim o dreno energético promovido pelo fungo, nas raízes (ABBOTT & ROBSON, 1982).

Deste modo, é necessário testar diferentes espécies de FMA em uma mesma espécie de planta, sob a mesma condição ambiental, para que possa ser selecionado o FMA mais eficiente em promover os impactos positivos para a planta em questão (SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA, 1995). Além disto, é importante que se avalie o grau de micotrofismo da planta, que é definido como o grau de dependência micorrízica que esta apresenta. Na prática, o grau de dependência micorrízica guarda relação com a concentração de fósforo na solução do solo em que a taxa de colonização mantém benefícios à planta (SIQUEIRA & SAGGIN JÚNIOR, 2011), uma vez que esse nutriente é de muito baixa mobilidade no solo e a extensão das hifas no solo auxilia em sua absorção. Considera-se que, quanto maior for o nível de P na solução do solo, no qual a inoculação de FMA ainda proporciona benefícios à planta, maior será a dependência da mesma com relação às micorrizas (JANOS, 1988).

Apesar das informações apresentadas, os inúmeros benefícios gerados pela simbiose e os fatores responsáveis pelos diferentes graus de dependência micorrízica ainda não estão bem compreendidos. Este quadro é observado principalmente com relação a espécies arbóreas da Mata Atlântica, devido à elevada riqueza de espécies neste bioma e às incipientes informações de sua associação com fungos micorrízicos. Dentre essas espécies encontra-se a *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr, conhecida popularmente como garapá ou grápia, pertencente a família das Leguminosas. Essa espécie possui importância quanto ao aspecto ecológico para recuperação de áreas degradadas e quanto ao aspecto econômico em função da comercialização da sua madeira (EMBRAPA, 2003). Apesar de não fixar nitrogênio possui características favoráveis a associação com fungos micorrízicos por ser classificada como pioneira em um carácter ecológico.

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a resposta e o grau de dependência de mudas de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr a fungos micorrízicos arbusculares. A

hipótese testada foi a de que a *Apuleia leiocarpa* apresenta variabilidade de respostas à inoculação com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares.

5.1. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação, no delineamento inteiramente casualizado e no esquema fatorial 5×5 , com seis repetições. Os tratamentos corresponderam à combinação de cinco doses de fósforo, aplicadas na forma de monofosfato de potássio (KH_2PO_4), com cinco tratamentos de inoculação de FMAs, a saber, três espécies de FMA (*Gigaspora margarita* Becker e Hall (GM), *Rhizophagus clarus* Becker e Gerdemann (RC) e *Dentiscutata heterogama* (Nicol e Gerd) Walker e Sanders (DH), a inoculação das três espécies combinadas em um inóculo misto (GRD) e a ausência de inoculação. A testemunha absoluta surge da combinação entre o nível 0 do fator fungo micorrízico (ausência de inoculação) e o nível 0 do fator dose de fósforo (ausência de adição de P ao substrato).

As doses de P aplicadas foram estabelecidas com base no P remanescente (ALVAREZ V et al., 2000), e foram as seguintes: 0, 24, 71, 213 e 650 mg kg^{-1} de P aplicados ao solo. A concentração de K foi equilibrada entre os diferentes tratamentos aplicando-se níveis complementares de solução de KCl junto com a solução de KH_2PO_4 . O fósforo disponível no solo foi determinado pelo extrator de Mehlich-1 sendo observada uma alta correlação entre o fósforo aplicado e o P disponível (Figura 5).

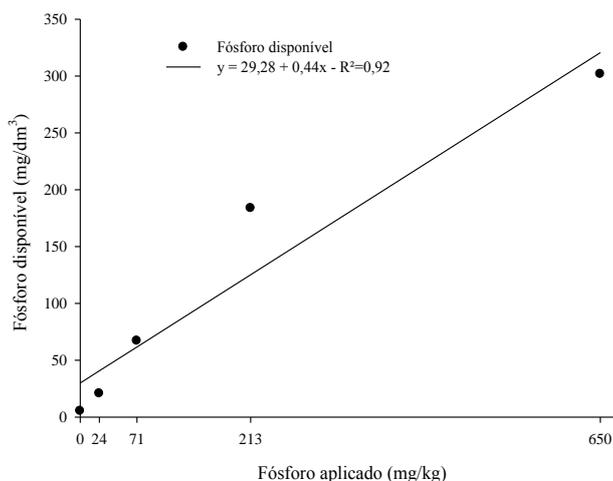


Figura 4. Relação entre fósforo aplicado e fósforo disponível ($\hat{y} = 29,28 + 0,44x$. $R^2 = 0,92$. * Significativo em 1%, o teste F) no solo por extrator Mehlich 1

Os recipientes utilizados foram construídos através da união de um tubete plástico (280 mL) e um copo descartável plástico (700 mL), preenchidos com aproximadamente 1 kg do horizonte B de um CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico (ROCHA, 2004), com as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5), 4,9; P e K extraídos por Mehlich-1, 1,89 e 64 mg dm^{-3} , respectivamente; Al, Ca e Mg trocáveis ($\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$), 1,21, 0,46 e 0,21 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente. A calagem do substrato foi realizada com a aplicação de 943 g por tonelada de solo de Minercal (PRNT=91% / PN=102% / CaO + MgO = 52% / CaO 39% e MgO 13%), com base na análise química do solo. O substrato foi incubado por um período de 60 dias.

Na inoculação, cada recipiente recebeu 1 g de um inóculo constituído por solo e raízes colonizados com propágulos de FMAs. As espécies de fungos fazem parte do Centro de Recursos Biológicos da Embrapa Agrobiologia, sendo respectivamente, *Dentiscutata heterogama* (DHET A2 - CNPAB002) com 17 esporos g⁻¹, *Gigaspora margarita* (GMAR A1 - CNPAB001) com 35 esporos g⁻¹ e *Rhizophagus clarus* (RCLA A5 – CNPAB005) com 26 esporos g⁻¹. Com o intuito de uniformizar os tratamentos quanto aos demais componentes da microbiota do inóculo, adicionou-se 10 mL de um filtrado isento de propágulos de FMA, obtido a partir dos inóculos das três espécies de FMA, em todos os recipientes.

As sementes de *Apuleia leiocarpa* (grábia) foram desinfestadas superficialmente com H₂O₂ 30 %, por 2 min e receberam tratamento de quebra de dormência por imersão em H₂SO₄ 98 %, por 15 min. As mesmas foram obtidas na Fazenda Modelo da Prefeitura do Rio de Janeiro, localizado em Guaratiba-RJ. Posteriormente, foram germinadas em placas de petri com papel filtro e algodão no interior de câmara germinadora do tipo BOD (Biological Oxygen Demand) sob luz constante e a temperatura de 28 °C, por 5 dias.

Em seguida, três sementes pré-germinadas foram introduzidas em cada recipiente e, após 15 dias, procedeu-se ao desbaste das plântulas, deixando-se apenas uma plântula por recipiente.

Cada muda recebeu, mensalmente, adubação com 100 mL de uma solução nutritiva contendo: CaCl₂(H₂O)₂, 2 mmol L⁻¹; MgSO₄(H₂O)₇, 1mmol L⁻¹; KCl, 3 mmolL⁻¹; ZnSO₄(H₂O)₇, 0,9 µmol L⁻¹; H₃BO₃, 4 µmol L⁻¹; CuSO₄(H₂O)₅, 1 µmol L⁻¹; MnSO₄H₂O, 6 µmol L⁻¹; NaMoO₄(H₂O)₂, 0,1 µmol L⁻¹; Fe EDTA, 1,66 % (Bertrand et al., 2000). Foram adicionados ainda 120 mg de N por planta na forma de NH₄NO₃. As plantas foram irrigadas diariamente por um sistema de aspersão automática, com o objetivo de manter a umidade dos recipientes próxima a 70 % da capacidade de campo.

A altura das mudas foi mensurada a partir do coleto até o meristema apical da parte aérea com uma régua graduada em centímetros e o diâmetro do colo foi mensurado com um paquímetro digital, também graduado em milímetros. Ambas as medições foram realizadas a cada 21 dias durante os 98 dias de condução do experimento, tendo início após o primeiro mês de duração, totalizando quatro medições para cada variável.

Após a coleta, as mudas foram divididas em parte aérea e raiz. Destas, foram selecionadas do sistema radicular três repetições de cada tratamento, das quais foram separados 0,5 g de raízes finas. Essas raízes foram mantidas em uma solução de etanol 50 % até o momento em que passaram por um processo de clareamento e coloração (KOSKE & GEMMA, 1989; GRACE & STRIBLEY, 1991). Em seguida, a taxa percentual de colonização radicular pelos FMA foi avaliada pelo método da interseção em placa quadriculada, de GIOVANNETTI & MOSSE (1980), adaptado a partir do método de medida de comprimento de raízes de NEWMAN (1966).

As demais três repetições dos tratamentos foram secas em estufa com circulação forçada de ar, até peso constante (65°C, 72 h) e pesadas em balança analítica com três casas decimais para determinação da massa seca de raiz (MSR) e para a massa seca da parte aérea (MSPA) foram utilizadas todas as seis repetições, determinadas em grama. A razão MSR/MSPA (RAPA) foi calculada a partir dessas duas variáveis. Posteriormente, ambos os materiais foram moídos em moinho elétrico e passaram por digestão nitro-perclórica (2:1), para a extração de P e K, e digestão sulfúrica, para a extração de N (TEDESCO et al.,1995). Os teores de P foram determinados por colorimetria, os de K por fotometria de chama (TEDESCO et al.,1995), e os de N pelo método de Kjeldahl modificado (TEDESCO et al.,1995).

O benefício do fósforo, benefício micorrízico (incremento em massa seca proporcionado pelas espécies de fungos) e a eficiência simbiótica foram calculados utilizando-se as curvas de resposta ao P aplicado, estimadas por regressão polinomial, conforme definido por SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA (1995).

O incremento relativo (IR) promovido pelos tratamentos à espécie florestal foi definido como a relação entre o incremento em massa seca proporcionado pela inoculação e/ou adubação em comparação ao tratamento sem fósforo e sem FMA (daqui em diante chamado de Testemunha Absoluta). Esse cálculo foi realizado para todas as doses de P. A relação foi convertida em dados percentuais de crescimento relativo da massa seca de Raiz e crescimento relativo da massa seca de P. aérea, calculados através da seguinte fórmula:

$$IR = [(MStrat - MSTabs) / MSTabs] \times 100$$

Em que: MStrat = massa seca (MSR ou MSPA) de um dado tratamento; MSTabs = massa seca (MSR ou MSPA) da testemunha absoluta (sem inoculação e com dose 0 de P).

Todos os dados foram transformados (Box-Cox), para atingir a normalidade, e submetidos à análise de variância. Em seguida, foi aplicado o teste Scott Knott a 5 % de significância para comparação entre as médias. Aplicou-se, em seguida, a análise de regressão para os fatores quantitativos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Sisvar versão 5.0 (FERREIRA, 2003).

5.2. RESULTADOS

Resposta de *Apuleia leiocarpa* à inoculação com FMAs

A espécie *A. leiocarpa* apresentou respostas diferenciadas à colonização com as três espécies de FMAs e com sua mistura em substrato com diferentes doses de P, com ajustes do tipo linear e raiz quadrada (Figura 6).

A biomassa total de *A. leiocarpa* inoculada com *R. clarus* decresceu linearmente com o aumento da dose de P aplicada (Figura 6). A biomassa das mudas inoculadas foi maior quando comparada àquela das mudas não inoculadas, nas quatro doses iniciais (0, 24, 71, 213 mg kg⁻¹ de P). Com base no modelo estimado, a associação torna-se negativa a partir da dose de 444 mg kg⁻¹ de P (valor T') (Figura 6A), o que é equivalente a 225 mg.dm⁻³ de fósforo disponível (Figura 5).

Ao contrário do observado para as plantas inoculadas com *R. clarus*, a biomassa total de *A. leiocarpa* inoculada com os fungos *D. heterogama* e *G. margarita* aumentou linearmente com a dose de P (Figuras 6B e 6C), indicando um efeito sinérgico dessas espécies com a disponibilidade de fósforo.

No caso de *D. heterogama*, este favoreceu um incremento da parte aérea em relação à planta não inoculada em todas as doses (Figura 6B). Já *G. margarita* promoveu um desenvolvimento inicial inferior em relação aos tratamentos não inoculados até a dose de 139 mg kg⁻¹ de P, correspondente a 98 mg dm⁻³ de fósforo disponível para a planta (Figura 5), conforme estimado pelo modelo. A partir dessa dose, a resposta à inoculação passa a ser positiva (Figura 6C). A diferença no acúmulo de biomassa entre os tratamentos inoculados e não inoculados aumentou com as doses de P, conforme indicado pela maior inclinação da curva ajustada à biomassa dos tratamentos inoculados.

O acúmulo de biomassa total de *A. leiocarpa* em resposta à inoculação com a mistura de fungos seguiu o ajuste de um modelo de raiz quadrada (Figura 6D). O incremento de massa seca nesse tratamento foi crescente com o aumento das doses de P e expressivo já na dose de

71 mg kg⁻¹ de P. Esse incremento tendeu a se estabilizar a partir da dose de 213 mg kg⁻¹, não variando expressivamente até a dose de 650 mg kg⁻¹ de P.

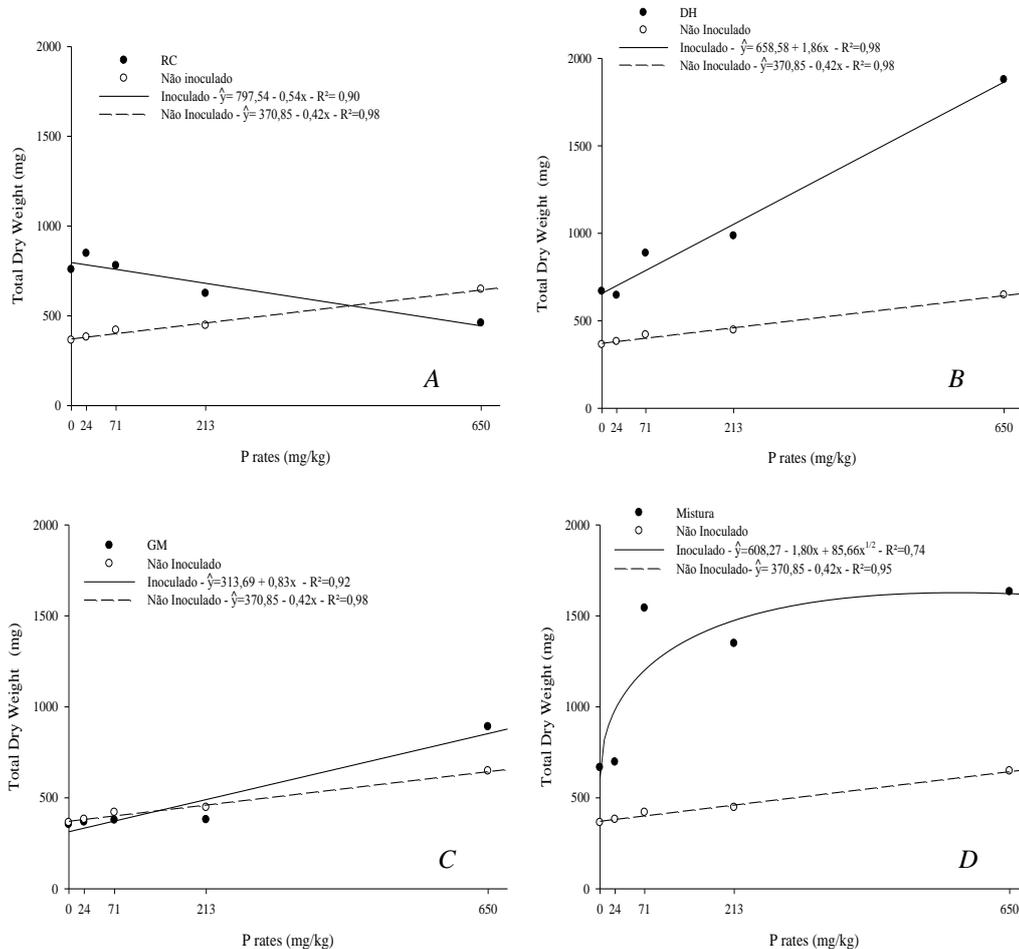


Figura 5. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *A. leiocarpha* inoculadas com fungos. (A) - *Dentiscutata heterogama* (DH) (B) - *Gigaspora margarita* (GM) (C) - Combinação das três espécies (GRD) (D) - *Rhizophagus Clarus* (RC) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg. Média de 6 repetições. O gráfico linear contínuo representa os resultados dos tratamentos inoculados em diferentes níveis de fósforo. O gráfico com linha tracejada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de fósforo

O benefício micorrízico variou em função da espécie de fungo inoculada (Quadro 1). O maior benefício micorrízico foi proporcionado pelo fungo *D. heterogama* e pela mistura das três espécies de FMAs, se refletindo em uma eficiência simbiótica superior a 100 % nos dois casos (Tabela 1). O calculo do benefício com a espécie *Gigaspora margarita* foi nulo.

Tabela 1. Resposta da espécie *Apuleia leiocarpa* à inoculação através da estimativa do Benefício micorrízico (BM), Benefício do fósforo (BF) e Eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, baseando se na Massa Seca Total da planta. Aos 98 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Tratamento	Benefício micorrízico ⁽²⁾ (Área)	Benefício do fósforo ⁽³⁾	Eficiência Simbiótica ⁽⁴⁾ (%)
<i>D. heterogama</i>	150.73	128.99	116.85
<i>R. clarus</i>	32.56	128.99	25.23
<i>G. margarita</i>	0	128.99	0
Mistura (GRD) ¹	138.81	128.99	107.67

GRD: combinação das três espécies de fungos micorrízicos. (2) Estimada pela subtração da área sob a curva dos tratamentos não inoculados da área sob a curva dos tratamentos inoculados menos. (3) Estimada por cálculo de integral definida pela curva dos tratamentos não inoculados. (4) Estimada pela relação entre o Benefício micorrízico e o Benefício do fósforo.

Incremento relativo

Os dados de crescimento relativo demonstraram que a inoculação com *D. heterogama* aliada à dose mais alta de P (650 mg kg⁻¹) foi responsável pelo maior incremento de massa seca na parte aérea de *A. leiocarpa*, resultando em um ganho de biomassa aproximadamente 550 % superior àquele observado para testemunha absoluta (tratamento sem inoculação e dose 0 de P) (Figura 7). A inoculação com a mistura promoveu um incremento de 492 % no desenvolvimento da parte aérea superior àquele da testemunha absoluta na dose mais alta, tendo um incremento maior ao determinado na raiz na dose 71.

A espécie apresentou um comportamento diferenciado frente à inoculação com o fungo *R. clarus*: o maior incremento relativo em parte aérea foi observado nas menores doses, decrescendo com o aumento da dose de P. No caso do incremento em raiz, este foi expressivo apenas na dose 0, sendo inexpressivo nas demais (Figura 7).

O fungo *G. margarita* gerou um incremento relativo para a espécie equivalente ao observado entre as doses de P aplicadas sem nenhuma inoculação. A resposta mais expressiva foi observada no crescimento das raízes, na maior dose de P, com incremento de aproximadamente 300 % (Figura 7)

A resposta da espécie *A. leiocarpa* ao aumento nas doses de P na ausência do FMA foi 20, 13, 38 e 5 % para as doses 24, 71, 213 e 650 mg kg⁻¹ de P aplicado, respectivamente. Isso sugere que a espécie possua característica genética de não ser eficiente na absorção de P por suas próprias raízes.

Essa resposta foi baixa se comparada à dos tratamentos inoculados com *D. heterogama* e com a mistura de fungos. Entre os tratamentos não inoculados, se destacou o crescimento das raízes na maior dose de fósforo aplicada (650 mg kg⁻¹) que teve um desenvolvimento superior àquele da testemunha absoluta em quase 200 % (Figura 7).

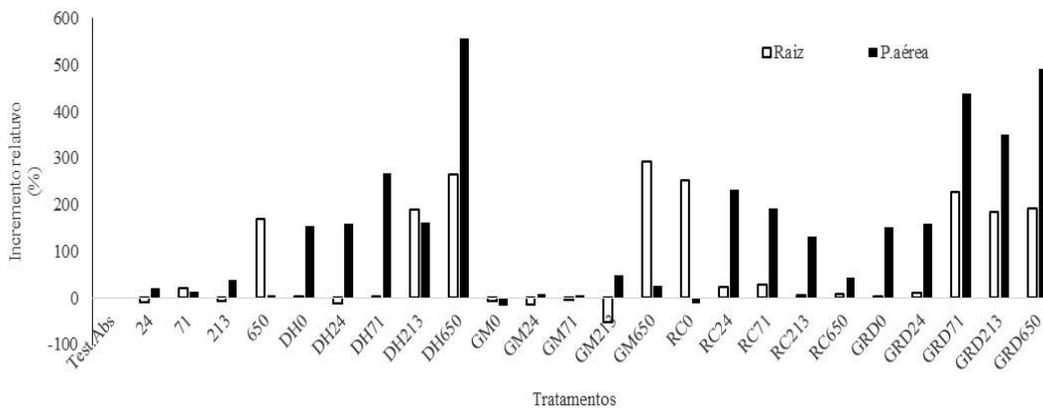


Figura 6 - Incremento relativo Raiz: crescimento relativo em massa seca de raiz; P. aérea: crescimento relativo em massa seca de parte aérea da espécie *A. leiocarpa* proporcionado pela inoculação de fungos micorrízicos. Aos 98 dias após o plantio. Médias de 6 repetições. DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC= *Rizophagus clarus*, GRD= Combinação das três espécies. Doses de fósforo: 0, 24, 71, 213, 650 mg.Kg⁻¹

Os resultados da análise da relação entre a massa seca da raiz (MSR) e a massa seca da parte aérea (MSPA) demonstram as diferentes respostas no crescimento da espécie, em função das doses de fósforo aplicadas e os tratamentos inoculados.

De forma geral, observa-se a redução da relação MSR/MPAS nos tratamentos inoculados, se comparados aos não inoculados. Os maiores valores foram observados para as plantas na maior dose de P (650 mg kg⁻¹) sem inoculação de FMAs e com inoculação de *G. margarita* e no tratamento sem adição de P e inoculado com *R. clarus* (Figura 8), respectivamente, 2,16, 2,64 e 3,36, indicando um maior crescimento do sistema radicular da espécie.

Os melhores tratamentos na relação MSR/MPAS foram os seguintes: DH+71, GM+213, DH0, GRD+0, RC+213, RC+650. Os valores da relação foram: 0,24, 0,28, 0,34, 0,34, 0,39, 0,64, respectivamente (Figura 8).

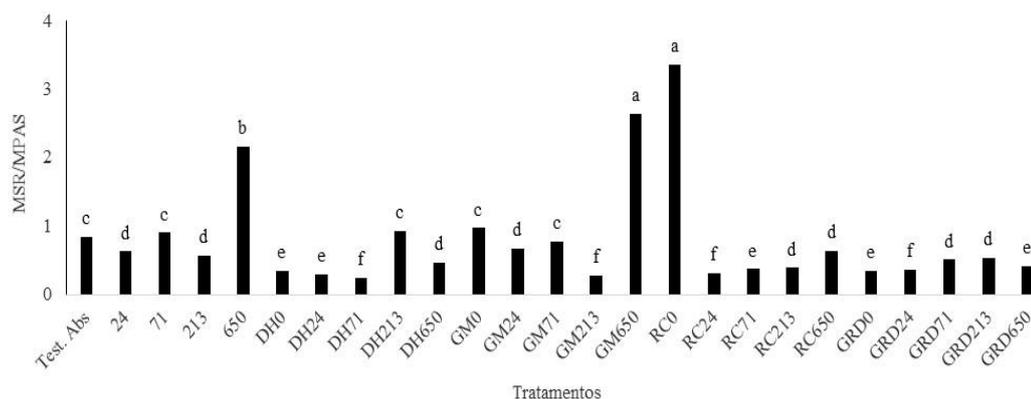


Figura 7 – Análise comparativa entre as relações MSR/MSPA (Massa Seca de Raiz/Massa Seca da Parte Aérea) para os tratamentos que proporcionaram o maior ganho de biomassa de mudas de *Apuleia leiocarpa*. Aos 98 dias após o plantio. Média de 6 repetições. DH = *Dentiscutata heterogama*, GM = *Gigaspora margarita*, RC = *Rizophagus clarus*, GRD: combinação das três espécies de fungos micorrízicos. Doses de fósforo: 0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹.

Através da análise da Tabela 2, verifica-se que, todos os fatores – fungo, dose e a interação entre eles - foram significativos ao nível de 5 % de probabilidade, para as variáveis avaliadas relacionadas à biomassa da espécie estudada.

A inoculação com a combinação de fungos (GRD) possibilitou os maiores incrementos de MSPA de *A. leiocarpa* nas doses de 71 a 650 mg dm⁻³ de P em comparação aos incrementos observados com a inoculação individual das espécies de FMA nessas mesmas doses. Exceção a esse padrão foi verificada apenas para a inoculação com *D. heterograma* na dose de 650 mg kg⁻¹, que proporcionou incremento similar (Tabela 2).

A espécie *A. leiocarpa* não respondeu à inoculação com *G. margarita*, com base nos resultados encontrados para MSR e MSPA (Tabela 2). Os incrementos dessas variáveis foram equivalentes aos resultados encontrados entre as doses de P aplicadas sem inoculação. A dose mais elevada de P (650 mg kg⁻¹) proporcionou incremento maior de MSR, embora a ausência desse incremento tenha sido verificada em relação aos dados de MSPA, na inoculação com *G. margarita*, tornando a inoculação do fungo ineficiente no incremento de MSPA. Essa espécie de fungo foi a única que não ocorreu na dose mais elevada de P aplicada, mostrando ser mais sensível ao gradiente de P do que as outras espécies.

A taxa de colonização entre todos os tratamentos inoculados variou de 56 % a 8 %, considerando a variação entre as doses mais baixa e a mais elevada de fósforo aplicado. Não foi observada colonização micorrízica nos tratamentos que não receberam a inoculação.

Através da análise da Tabela 2 que relaciona a altura dos tratamentos com a taxa de colonização micorrízica, observou-se que os maiores incrementos em altura ocorreram para os tratamentos: GM650, com 27,2 cm, nos tratamentos DH71 e DH213, com 23,5 e 21,8 cm, respectivamente, e no tratamento RC650, com 21,7 cm (Tabela 2). Os tratamentos inoculados com a mistura das espécies de fungos micorrízicos que receberam as doses 0 e 24 mg kg⁻¹ de fósforo apresentaram um valor alto de taxa de colonização, mas pouco se desenvolveram em altura.

Quanto ao diâmetro à altura do caule das mudas à altura do colo, não foi detectado nenhum efeito significativo nessa variável, sendo que essa variou, respectivamente, de 5,99 a 7,71 mm entre a testemunha absoluta e o tratamento DH650 (Tabela 2).

Tabela 2. Crescimento de mudas da espécie *Apuleia leiocarpa* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 98 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Tratamentos	MSR	MPAS (g)	MST	RAPA	D (mm)	Micorriza (%)	Altura (cm)
0	0,16 eB	0,20 dB	0,36 fB	0,84 cB	5,99 a	-	16,00 b
24	0,15 eB	0,23 cB	0,38 fC	0,63 dA	6,02 a	-	19,23 b
71	0,20 eB	0,22 cC	0,42 eC	0,90 cA	6,00 a	-	18,50 b
213	0,16 dB	0,27 cC	0,43 eC	0,57 dB	6,40 a	-	19,20 b
650	0,44 bB	0,21 dB	0,65 cC	2,16 bA	6,58 a	-	18,21 b
DH0	0,17 eB	0,50 bA	0,67 cA	0,34 eB	6,21 a	55 a	18,00 b
DH24	0,15 eB	0,50 bA	0,65 cB	0,29 eB	6,75 a	16 c	19,01 b
DH71	0,17 eB	0,72 bB	0,89 bB	0,24 fC	7,42 a	33 b	23,50 a
DH213	0,47 bA	0,51 bB	0,99 bB	0,93 cA	7,05 a	55 a	21,80 a
DH650	0,60 aA	1,28 aA	1,88 aA	0,47 dB	7,71 a	30 b	19,81 b
GM0	0,16 eB	0,16 dB	0,32 fB	0,97 cB	6,22 a	14 c	20,06 b
GM24	0,14 eB	0,21 cB	0,35 fC	0,67 dA	6,48 a	13 c	19,30 b
GM71	0,16 eB	0,21 dC	0,37 fC	0,77 cB	7,04 a	12 c	19,03 b
GM213	0,08 eC	0,29 cC	0,37 fC	0,28 fC	6,20 a	8 c	18,17 b
GM650	0,65 aA	0,24 cB	0,89 bB	2,64 aA	7,57 a	0	27,20 a
RC0	0,58 aA	0,17 dB	0,75 bA	3,36 aA	6,94 a	52 a	19,33 b
RC24	0,20 eA	0,65 bA	0,85 bA	0,31 fB	6,93 a	41 a	16,50 b
RC71	0,21 cB	0,57 bB	0,78 bB	0,37 eC	6,89 a	47 a	16,66 b
RC213	0,17 eB	0,45 bB	0,63 dC	0,39 dB	6,39 a	44 a	19,70 b
RC650	0,18 eB	0,28 cB	0,46 eC	0,64 dB	6,14 a	24 b	21,70 b
GRD0	0,17 eB	0,49 bA	0,66 cA	0,34 eB	6,85 a	56 a	20,01 b
GRD24	0,18 dB	0,51 bA	0,69 cB	0,36 fB	6,21 a	27 b	19,22 b
GRD71	0,54 bA	1,05 aA	1,59 aA	0,51 dB	7,70 a	50 a	19,40 b
GRD213	0,47 bA	0,88 aA	1,35 aA	0,53 dB	7,65 a	48 a	19,05 b
GRD650	0,48 bB	1,15 aA	1,63 aA	0,41 eB	7,69 a	28 b	19,71 b
Teste F(dose)	49,65*	16,21*	38,28*	26,87*			
Teste F(fungo)	12,79*	71,66*	85,73*	23,29*			
Interação	23,18*	7,89*	13,37*	24,07*			
CV.Dose	59,26	70,22	54,55	98,36			
CV.Fungo	66,77	53,83	46,35	99,52			
CV(%)	30,61	36,42	25,25	47,33	8,71	38,27	15,74

¹ Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras os fungos presentes, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC= *Rizopagus clarus*, GRD= Combinação com as espécies de fungos. Doses indicação de letras representam a ausência de fungos.

² MSR = massa seca da raiz; ³ MSPA = massa seca da parte aérea; ⁴ MST = massa seca total; ⁵ RAPA = relação raiz:parte aérea; ⁶ D = diâmetro do caule a altura do solo. Valores médios seguidos de letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). Valores médios seguidos de letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos da mesma dose de fósforo com as diferentes espécies de fungos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). ³ A Dose 0 é referente a testemunha absoluta. Valores com * foram significativos a 5%.

Benefício Nutricional

Os tratamentos inoculados com fungos micorrízicos, tanto individualmente como com a mistura das espécies, proporcionaram benefício nutricional quando comparados aos tratamentos sem inoculação. Esse benefício fica claro nas doses mais baixas de fósforo

aplicado (0 e 24 mg g⁻¹), ressaltando que as diferenças foram encontradas somente para o fósforo na parte aérea das mudas (Tabela 3).

Quanto aos teores de N, os valores quantificados pouco diferiram entre os tratamentos com uma variação equivalente entre a parte aérea e a raiz. Esse padrão pode ser atribuído a ter sido realizada uma aplicação única entre os tratamentos e a característica química de alta mobilidade do N no solo, o que torna fácil para o sistema radicular da espécie absorver o nutriente sem o auxílio do fungo micorrízico.

O K não teve variação entre o sistema radicular e a parte aérea. Esse nutriente também foi aplicado em uma única dose em todos os tratamentos, sua variação possivelmente ocorreu devido à característica química do K, de alta mobilidade, similar ao N, o que facilita a sua absorção pelo sistema radicular da espécie sem o auxílio do fungo micorrízico.

Tabela 3. Efeito da interação entre doses de fósforo e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie *Apuleia leiocarpa*. Aos 98 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Tratamentos	Raiz (%)			Parte Aérea (%)		
	N	P	K	N	P	K
0	0,27 a	0,27 a	1,92 a	0,75 a	0,13 b	1,35 a
24	0,33 a	0,25 a	2,18 a	0,87 a	0,24 b	1,34 a
71	0,24 a	0,24 a	2,03 a	0,86 a	0,29 b	1,32 a
213	0,50 a	0,27 a	2,61 a	0,86 a	0,30 b	1,40 a
650	0,41 a	0,27 a	2,25 a	0,92 a	0,25 b	1,39 a
DH0	0,27 a	0,28 a	2,26 a	0,75 a	0,34 a	1,33 a
DH24	0,24 a	0,25 a	2,25 a	0,75 a	0,41 a	1,38 a
DH71	0,32 a	0,29 a	2,47 a	0,67 a	0,46 a	1,49 a
DH213	0,31 a	0,24 a	2,07 a	0,77 a	0,50 a	1,35 a
DH650	0,34 a	0,34 a	2,28 a	0,71 a	0,42 a	1,40 a
GM0	0,35 a	0,31 a	1,53 a	0,89 a	0,37 a	1,37 a
GM24	0,40 a	0,35 a	2,52 a	0,90 a	0,37 a	1,31 a
GM71	0,34 a	0,36 a	1,83 a	0,94 a	0,45 a	1,33 a
GM213	0,38 a	0,33 a	2,22 a	0,83 a	0,22 b	1,34 a
GM650	0,34 a	0,29 a	1,96 a	0,87 a	0,43 a	1,42 a
RC0	0,46 a	0,4 a	3,53 a	0,74 a	0,27 b	1,33 a
RC24	0,36 a	0,27 a	2,31 a	0,88 a	0,49 a	1,37 a
RC71	0,35 a	0,30 a	2,72 a	0,79 a	0,27 b	1,31 a
RC213	0,33 a	0,30 a	2,16 a	0,77 a	0,63 a	1,36 a
RC650	0,30 a	0,32 a	2,14 a	0,93 a	0,49 a	1,31 a
GRD0	0,33 a	0,32 a	2,89 a	0,95 a	0,33 b	1,41 a
GRD24	0,37 a	0,40 a	3,45 a	1,02 a	0,39 a	1,34 a
GRD71	0,37 a	0,51 a	2,34 a	1,19 a	0,38 a	1,29 a
GRD213	0,38 a	0,53 a	1,86 a	0,89 a	0,50 a	1,36 a
GRD650	0,47 a	0,67 a	2,49 a	0,81 a	0,52 a	1,33 a
CV(%)	32,46	40,62	25,47	32,48	62,51	28,35

¹ Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras as espécies de fungos, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC = *Rhizophagus clarus*, GRD – mistura das três espécies. Doses sem indicação de letras representam a ausência de fungos.

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott Knott ($p = 0,05$). A Dose 0 é referente a testemunha absoluta

5.3. DISCUSSÃO

Foi possível obter informações sobre diferentes espécies de fungos micorrízicos em simbiose com a espécie florestal *A. leiocarpa*, nativa da Mata Atlântica, onde as maiores variações encontradas foram no ganho da biomassa vegetal. Os dados mostram que a *A. leiocarpa* apresenta respostas variadas à inoculação com espécies distintas de FMAs, conforme verificado anteriormente para outras espécies vegetais (SAGGIN JÚNIOR et al., 1994; SIQUEIRA & SAGGIN JÚNIOR, 2001; JANSÁ et al., 2007). A resposta ao aumento nas doses de P foi linear e crescente para as plantas inoculadas com os fungos *Dentiscutata heterogama* e *G. margarita*, e linear e decrescente para aquelas inoculadas com o *Rhizophagus clarus*, indicando diferenças ecológicas entre essas espécies. Adicionalmente, observou-se uma resposta diferenciada da *A. leiocarpa* à inoculação com os fungos: enquanto os ajustes foram lineares para inoculação de uma única espécie, o ajuste para plantas inoculadas com a mistura de fungos foi do tipo raiz quadrada. No último caso, a resposta foi positiva e crescente ao aumento das doses de P e o crescimento das plantas foi significativamente maior em menores doses de P quando a *A. leiocarpa* foi inoculada com a mistura dos fungos. Este é um indício de que existe um sinergismo entre as diferentes espécies de fungos. Se tivesse ocorrido o predomínio de uma das espécies a colonização das raízes, o comportamento das curvas seria provavelmente similar. Outra possibilidade é espécies diferentes estarem colonizando preferencialmente as raízes em condições de baixo e alto fósforo, deste modo suprindo melhor as necessidades da planta nas diferentes condições do que uma única espécie supriria isoladamente (Figura 2).

A resposta elevada da espécie *A. leiocarpa* à inoculação, considerando o efeito dos tratamentos com o fungo *D. heterogama* e com a combinação dos fungos micorrízicos, bem como o alto benefício micorrízico e benefício relativo obtidos com a inoculação desses fungos, a classificam como uma espécie com alta dependência micorrízica (JANOS, 1988; SIQUEIRA & SAGGIN-JÚNIOR, 2001), mesmo sob elevada disponibilidade de fósforo.

O maior crescimento da parte aérea da *A. leiocarpa* inoculada se refletiu numa menor relação entre a massa das raízes e a da parte aérea (ZANGARO et al., 2005). Um comportamento equivalente na relação foi observado em todas as doses dos tratamentos não inoculados e na *G. margarita*, sendo verificado um aumento na relação com o aumento das doses de P. A exceção foi o tratamento de inoculação de *R. clarus* na ausência de adição de P (RC0), que apresentou uma alta relação MSR/MSPA no tratamento de menor disponibilidade de fósforo. Esse padrão pode indicar a capacidade desse fungo em induzir o desenvolvimento do sistema radicular do seu hospedeiro sob baixa disponibilidade de P. No estudo desenvolvido pelos autores PEREIRA et al. (1996), foi feita a inoculação do fungo *Glomus etunicatum* (Becker e Gerdemann) nas espécies florestais: acácia (*Acacia mangium* (L.)), fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) I e B.), cássia verrugosa (*Senna multijuga* (L.C.Rich) I e B.) e angico vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.), ocorrendo uma resposta diferenciada entre as espécies. Somente nas espécies Fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) I e B.), Cássia Verrugosa (*Senna multijuga* (L.C.Rich) I e B.) e Angico Vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.) ocorreu um aumento da relação MSR/MSPA na dose baixa de P.

Ao contrário do observado em estudos anteriores (SAGGIN JÚNIOR et al., 1994; POUYÚ-ROJAS & SIQUEIRA, 2000), os incrementos em altura não foram relacionados ao

aumento da biomassa vegetal, pois no geral não se observou diferença significativa entre os tratamentos, para esta variável.

Outro efeito positivo da inoculação micorrízica foi a melhoria do estado nutricional das mudas de *A. leiocarpa*. Essa melhoria foi mais evidente no caso do P ressaltando a importância da inoculação para a captação de P para essa espécie. Os fungos apresentaram uma capacidade de absorção distinta em simbiose com a espécie, a melhor resposta à inoculação foi com a combinação dos fungos em que o maior valor de P nos tecidos foi quantificado na dose 71 mg kg⁻¹, apesar de não apresentar diferença estatística em comparação com as demais doses aplicadas. O tratamento com a combinação por si só favorece o aumento do P na parte aérea, independente da dose de P, já que esse tratamento proporcionou um ganho 6,79 vezes maior de fósforo para a planta sem inoculação somente na dose 0. Comportamento similar foi observado no trabalho desenvolvido por Souza et al. (2002) com a espécie *Araucaria angustifolia* inoculada com o *Glomus intraradices*, *Gigaspora rosea* e uma mistura de FMAs nativos, onde a quantidade de P absorvido e acumulado aumentou com o crescimento nas doses de P aplicadas. Por fim, este resultado confirma que o principal efeito do fungo para nutrição vegetal está na melhoria da absorção de nutrientes de baixa mobilidade, especialmente P, Cu e Zn (HABTE, 2000).

A taxa de colonização variou em função da espécie de FMA e da dose de fósforo aplicada. No entanto, notou-se uma tendência inversa com relação às doses de fósforo aplicadas, já que a colonização diminuiu nas doses mais elevadas em todas as espécies de fungos utilizadas. Isso tende a acontecer visto que o teor de fósforo disponível é um dos principais fatores limitante para o estabelecimento da simbiose (SMITH & READ, 1997; ROCHA et al., 2006; PARNISKE, 2008; RENUKA et al., 2012).

Cabe destacar que a natureza da resposta também varia com a espécie vegetal. Enquanto, aqui, observa-se um ajuste linear para as respostas aos fungos, SAGGIN JÚNIOR et al. (1994) verificaram um ajuste raiz quadrada para mudas de cafeeiro inoculadas com *G. margarita* e *R. clarus*, com uma resposta negativa em doses muito elevadas de P.

A hipótese sobre uma possível especificidade funcional entre as espécies de fungos pode ser levantada, pois quando inoculadas em mistura promovem um ganho adicional ao crescimento da planta hospedeira, com um efeito distinto daquele gerado quando inoculadas individualmente. Os FMAs diferem em sua eficiência no uso do P mesmo entre isolados da mesma espécie e é comprovado que diferentes espécies apresentam estratégias distintas de exploração do solo e colonização das raízes, apontando para uma complementariedade e vantagem na maior riqueza de espécies presentes num sistema (MAHERALI & KLIORONOMOS, 2007). Este fato é um fator favorável quanto ao uso de inóculos mistos, visto que estes poderiam tornar a planta inoculada adaptada a condições ambientais mais variáveis. De fato, estudos comprovam que maior riqueza e complementariedade estão relacionadas à maior produtividade de comunidades vegetais (CITAR TRABALHO DO JOSÉ GERALDO).

Os resultados aqui apresentados têm implicações relevantes para o estudo da interação planta-FMA. A primeira delas é a de que os estudos de dependência micorrízica devem levar em consideração a inoculação com diferentes espécies de FMAs, doutro modo, o experimentador poderá subestimar a resposta e a dependência da espécie vegetal em questão. A direção da resposta de *A. leiocarpa* - positiva ou negativa com respeito ao aumento nas doses de P - variou com a espécie de FMA, demonstrando que a utilização de apenas um fungo poderia levar a conclusões diferentes na estimativa do grau de dependência micorrízica. A falta de respostas às doses de P das plantas não inoculadas também sugerem que *A. leiocarpa* seja altamente dependente de micorrizas para absorção desse nutriente, sugerindo

um valor T² de Janos muito elevado. Embora outros autores já tenham verificado a variação na resposta da planta com a espécie de FMA (VAN DER HEIDJEN et al., 1998, SIQUEIRA & SAGGIN JÚNIOR, 2001), cabe destacar as respostas de naturezas distintas e observadas para *R. clarus* e *D. heterogama*.

Os resultados indicam que a inoculação com a mistura de FMAs foi o melhor tratamento, com base na resposta acentuada da planta em doses baixas e intermediárias de P, podendo ser recomendada para a produção de mudas de *A. leiocarpa*. A resposta em doses menores de P pode significar uma redução de custos com a fertilização. Outros estudos destacam benefícios da coinoculação de fungos micorrízicos tais como a maior tolerância da mistura a fungicidas (SCHREINER & BETHLENFALVAY, 1997) e a complementariedade funcional (JANSA et al., 2007), aspectos não estudados no presente trabalho.

A terceira implicação é a de que a inoculação conjunta pode trazer benefícios por aumentar a redundância funcional (JANSA et al., 2007), considerando-se que espécies diferentes podem apresentar respostas diversas às condições ambientais do plantio. Os FMAs possuem diferentes estratégias de exploração do solo de modo que uma comunidade de fungos pode beneficiar a planta em diferentes ocasiões. A literatura mostra que a diversidade de espécies micorrízicas em comunidades, com diferentes tratamentos funcionais, pode contribuir para o aumento de produtividade em comunidades vegetais (MAHERALI & KLIRONOMOS, 2007).

Do ponto de vista ecológico, o resultado é relevante para o estabelecimento da espécie no campo e levanta questões sobre como a composição das comunidades no solo pode contribuir para o crescimento vegetal das comunidades florestais, em especial da Mata Atlântica.

Por fim, todas estas características devem ser consideradas na escolha de espécies florestais e de fungos micorrízicos em projetos de recuperação de áreas degradadas, para obter-se o crescimento mais adequado e rápido das mudas plantadas e conseqüentemente uma redução nos gastos. Com isto, a seleção de simbiontes com maior compatibilidade tende a facilitar a recuperação de áreas degradadas; reduzir o uso de insumos químicos; melhorar as condições para produção de inoculantes ao se trabalhar com um menor número de espécies e fungos micorrízicos, mais eficientes gerando assim mudas de qualidade.

5.4. CONCLUSÕES

A *A. leiocarpa* apresenta alta dependência micorrízica e sua resposta à inoculação com fungos micorrízicos é dependente da espécie de fungo que está colonizando as raízes da planta, sendo a espécie altamente responsiva à inoculação com *Dentiscutata heterogama* e com uma mistura dos fungos *Dentiscutata heterogama*, *Gigaspora margarita* e *Rhizophagus clarus*.

A inoculação com a combinação dos três fungos promoveu o maior incremento de mudas de *Apuleia leiocarpa* em condições de casa de vegetação em comparação aos fungos aplicados individualmente, sendo preferencialmente recomendado o tratamento para produção de mudas da espécie. A melhor combinação fungo-dose foi a de inoculação com a mistura de fungos na dose de 71 mg kg⁻¹ de P.

5.5. REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal in agriculture and selection of fungi for inoculation. **Australian Journal of Agricultural Research**. 1982; 33, n°2:389-408.
- ALVAREZ, V.V.H.; NOVAI, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Volume 25. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. 2000. (Boletim informativo n°1).
- BAYLIS, G.T.S. The Magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: Sanders FE, Mosse B, Tinker PB. **Endomycorrhizas**. London: Academic Press. 1975; 373-389.
- BERTRAND, H.; PLASSARD, C.; PINOCHET, X.; TOURAINÉ, B.; NORMAND, P.; CLEYET-MAREL, J.C. Stimulation of the ionic transport system in Brassica napus by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter* sp.). **Canadian Journal of Microbiology**. 2000; 46:229-236
- BEVER, J.D. Host-specificity of AM fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. **Plant and Soil**. 2002; 244:281-290
- BOT, A.J.; NACHTERGAELE, F.O.; YOUNG, A. Land resource potential and constraints at regional and country levels. **World Soil Resources Reports**. 2000; 90:114 p.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. *Restoration Ecology*. 1994; 2, n. 2: 97-111.
- CHAER, G.M.; RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; DE FARIA, S.M.; BODDEY, R.M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**. 2011; V. 00: 1–11
- CARVALHO, P.E.R. *Grápia Taxonomia e Nomenclatura*, Colombo-Paraná. **Embrapa Floresta**. 2003 (Circular Técnica, 77).
- FERREIRA, D.F. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67). Lavras: DEX/UFLA, 2003.
- FRANCO, A.A.; de FARIA, S.M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**. 1997; v. 29, n. 5/6: p. 897-903,
- GERDEMANN J.W. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. In: Torrey, J.G.; Clarkson, D.T. The development and function of roots. **London: Academic Press**. 1975: 575-591.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**. 1980; 64, n. 3: 489-500.

GRACE, C.; STRIBLEY, D.P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**. 1991; 95:1160-1162.

HABTE, M. Mycorrhizal Fungi and Plant Nutrition. Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture. J. A. Silva and R. Uchida, eds. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. Capítulo 14. 2000.

VAN DER HEIJDEN, M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF, E.R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. London: **Nature**. 1998; 396: 69-72.

VAN DER HEIDJEN, M.G.A.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. **Ecology**; 1998. v. 79, n° 6: 2082-2091.

JANOS, D.P. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate In: NG, F.S.P. **Trees and mycorrhiza**. Kuala Lumpur: Forest Research Institute. 1988; 133-188

JANSA, J.; SMITH, F.A.; SMITH, S.E. Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhizal fungi? **New Phytologist**. 2007; 177: 779-789.

JOHN, T. Uma lista de espécies de plantas tropicais brasileiras naturalmente infectadas com micorriza versicular-arbuscular. **Acta Amazonica**. 1980; 10:229-234.

KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist**. 1991; 117, n°3:365-386.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, 1989; 92: 486-488

MAHERALI, H.; KLIRONOMOS, J.N. Influence of phylogeny on fungal community assembly and ecosystem functioning. **Science**. 2007; 316: 1746-1748.

MAHERALI, H. Is there an association between root architecture and mycorrhizal growth response? **New Phytologist**. 2014; 204: 192–200

NEWMAN, E.I. A method of estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**. 1966; 3, n°2:139-145.

PARNISKE, M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. **Nature Reviews Microbiology**. Review. 2008; 6:763-75.

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S.; PURCINO, A.A.C. Efeitos da Micorriza e do suprimento de fósforo na atividade enzimática e na resposta de Espécies Arbóreas ao Nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**. 1996; 8:59-65.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O.; SANTOS, J.G.D. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2000; 35, n°1:103-114.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O.; SANTOS, J.G.D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2006; 30, n°3:413-424.

RENUKA, G.; RAO, M. S.; PRAVEEN, KUMAR. V.; RAMESH, M.; SANDITI, R.R. Arbuscular Mycorrhizal Dependency of *Acacia melanoxylon*. Proceedings of the National Academy of Sciences, **India Section B: Biological Sciences**. 2012;82: 441–446.

ROCHA, F.S.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R.; LIMA, W.L. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2006; 41, n°1:77-84.

ROCHA, F.S. Revegetação de áreas degradadas no entorno da Mata Atlântica com leguminosas arbóreas; estudo de espaçamento, consórcio com espécies de madeira nobre e resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. 2004; 80f; Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo)) - **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

ROGERS, J.B.; CHRISTIE, P.; LAIDLAW, A.S. Some evidence of host specificity in arbuscular mycorrhizas. **Pedosphere**. 1994; 4:377-381.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1995; 19:221-228.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Colonização do cafeeiro por diferentes fungos micorrízicos: efeitos na formação das mudas e no crescimento em solo fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1995; 19:213-22/.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1994; 18:27-36.

SANDERS, I.R.; CLAPP, J.P.; WIEMKEN, A. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems - a key to understanding the ecology and function of the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**. 1996; 133:123-134.

SANTOS, G. L. Efeito da pedofórmula no processo de sucessão secundária em fragmentos florestais na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 130 f.: il. 2014.

SCHREINER, R.P.; BETHLENFALVAY, G.J. Mycorrhizae, biocides, and biocontrol. 3. Effects of three different fungicides on developmental stages of three AM fungi. **Biology and Fertility of Soils**, 1997. v.24, n.1, p.18-26. Doi: 10.1007/BF01420215

SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Eschborn: **Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit**, 1991; 371.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza**. 2001; 11: 245-255.

SMITH, E.S.; READ, J.D. Mycorrhizal symbiosis. 2 ed. New York: **Academic Press**. 1997; 605 p.

SOUZA, M.M.; CARDOSO, E.J.B.N. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. KTZE. sob doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Brasil. 2002; 26, n° 4:905-912.

TEDESCO, M. J; GIANELLO, C; BISSANI, CA. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. Ed. Porto Alegre: **Departamento de Solos**, UFRGS, 1995, 188p.

WANG, B.; QIU, Y.L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. **Mycorrhiza**.2006; 16:299-363.

ZANGARO, W.; NISHIDATE, F.R.; CAMARGO, F.R.S.; ROMAGNOLI, G.G.; VANDRESSEN, J. Relationships among arbuscular mycorrhizas, root morphology and seedling growth of tropical native woody species in southern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**. 2005; 21:529-540.

Capítulo II

DEPENDÊNCIA E RESPOSTA DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS À INOCULAÇÃO COM FUNGOS MICORRÍZICOS

RESUMO

A importância ecológica da associação micorrizica vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. O estudo da dependência micorrizica de espécies florestais vislumbra a relevância do fungo micorrizico arbuscular para um melhor crescimento de espécies florestais tanto em ambientes degradadas como em áreas de restauradas. Com isso, o objetivo do presente estudo foi avaliar a resposta de três espécies florestais à inoculação com FMA, a resposta à aplicação de doses de fósforo, o benefício nutricional com a inoculação destes e a eficiência simbiótica e o grau de dependência micorrízica das plantas. Os experimentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×5 , com seis repetições. Foram realizados três experimentos com as espécies pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link), imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) e aroeira (*Schinus terebintifolius* Raddi). A combinação dos fatores como dose de fósforo (0, 24, 71, 213 e 650 mg kg⁻¹ de P) e inoculação com FMAs (sem inoculação, inoculação com os fungos *Rhizophagus clarus*, *Gigaspora margarita*, *Dentiscutata heterogama* e com uma mistura das três espécies), correspondem a formação dos tratamentos. As espécies estudadas responderam de forma diferenciada à inoculação com a variação da espécie de fungo micorrízico. A espécie *Dentiscutata heterogama*, quando inoculada na espécie *Schinus terebintifolius*, apresentou ajuste linear negativo. Para a espécie *Pseudobombax grandiflorum* foi verificado melhor ajuste ao modelo linear positivo. Para a espécie *Bauhinia forficata* não houve resposta. Assim ocorreram três cenários distintos. Sendo que cada espécie respondeu, de forma diferente, a mesma espécie de fungo micorrízico. Pode-se concluir que a espécie *Bauhinia forficata* não apresenta dependência micorrízica com os fungos utilizados no presente estudo, sendo classificada como não dependente. Já as *Schinus terebintifolius* e *Pseudobombax grandiflorum* apresentam alta dependência micorrízica e sua resposta à inoculação foi dependente da espécie de fungo. O tratamento que promoveu o melhor resultado para a espécie *Schinus terebintifolius* foi a combinação de fungos na dose de 213 mg kg⁻¹ de P. A espécie *Pseudobombax grandiflorum* apresentou um melhor resultado com a combinação fungo-dose *Gigaspora margarita* e 213 mg kg⁻¹ de P.

Palavras-chave: Inoculação micorrízica, nutrição fosfórica, Simbiose.

ABSTRACT

The ecological importance of the mycorrhizal association has increased considerably in recent years. The study of the mycorrhizal dependence of forest species shows the relevance of mycorrhizal arbuscular fungus for a better growth of forest species in even as degraded and restored areas. The objective of the present study was to evaluate the response of three forest species to FMA inoculation, the response to the application of phosphorus doses, the nutritional benefit with inoculation, and the symbiotic efficiency and degree of mycorrhizal dependence of the plants. The experiments were assembled in a completely randomized design, in a 5×5 factorial scheme, with six replicates. Three experiments were carried out with the species Pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link), Imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) and Aroeira (*Schinus terebintifolius* Raddi). The combination of factors like phosphorus dose (0, 24, 71, 213 and 650 mg kg⁻¹ of P) and inoculation with FMAs (without inoculation, inoculation with the fungi *Rhizophagus clarus*, *Gigaspora margarita*, *Dentiscutata heterogama* and with a mixture of the three Species), correspond to the formation of the treatments. The species studied responded differently to inoculation with the variation of mycorrhizal fungi species. The species *Dentiscutata heterogama*, when inoculated in the species *Schinus terebintifolius*, which presented negative linear adjustment. For the species *Pseudobombax grandiflorum*, a better fit to the linear positive model was verified. For the species *Bauhinia forficata* there was no response, thus having three distinct scenarios. Each species responded differently to the same species of mycorrhizal fungi. It can be concluded that the species *Bauhinia forficata* does not present mycorrhizal dependence with the fungi used in the present study, being classified as non-dependent. *Schinus terebintifolius* and *Pseudobombax grandiflorum* have high mycorrhizal dependence and their response to inoculation was dependent on the fungus species. The treatment that promoted the best result for the *Schinus terebintifolius* species was the fungus-dose combination with the combination of fungi at the dose of 213 mg kg⁻¹ of P. The species *Pseudobombax grandiflorum* showed a better result with the fungus- Dose *Gigaspora margarita* and the dose 213 mg kg⁻¹ of P.

Key words: Mycorrhizal inoculation, phosphorus nutrition, Symbiosis.

6. INTRODUÇÃO

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) formam associações com quase todas as espécies de plantas terrestres, principalmente em regiões tropicais. As plantas hospedeiras fornecem carbono fotossinteticamente fixado a estes microrganismos, o que permite seu crescimento e que seu ciclo vital seja completado (HACKL et al., 2012). Dessa forma os FMA são simbioses obrigatórios. Em troca, as hifas que são emitidas por estes microrganismos após a colonização do córtex das raízes, interceptam nutrientes que são translocados para a planta hospedeira. Esse padrão é especialmente importante no caso de solos com baixa fertilidade e com nutrientes que possuam pequena mobilidade no solo, como é o caso do fósforo (NOVAIS et al., 2014). Portanto os fungos micorrízicos são considerados biofertilizantes naturais (BERRUTI et al., 2016).

Além disto, os FMA também são capazes de beneficiar as plantas por aumentar sua resistência contra patógenos (WEHNER et al., 2011), déficits hídricos (QIANGSHENG et al., 2006) e estresse salino (GIRI et al., 2007). Desse modo, a inoculação de FMA tem sido empregada na produção de mudas, com a finalidade de revegetar áreas degradadas. De fato, as mudas micorrizadas apresentam maior crescimento e melhor aspecto nutricional (GOETTEN et al., 2016). Além das maiores taxas de sobrevivência (DIAS et al., 2012), quando comparadas com aquelas não micorrizadas.

Acredita-se que não existe especificidade entre os simbioses, uma vez que diferentes espécies/isolados de FMA podem colonizar o sistema radicular de muitas espécies distintas de plantas, e cada espécie vegetal pode se associar a diferentes espécies/isolados de FMA. No entanto, uma determinada planta responde ou se beneficia da micorriza em formas que variam dependendo da espécie/isolado de FMA, o que indica a variabilidade na eficiência simbiótica (BEVER, 2002; POUYU-ROJAS et al., 2006; SILVA et al., 2009). Este resultado é uma função do balanço entre os benefícios e custos da associação do hospedeiro com o FMA (KOIDE, 1991). Condições ambientais também são capazes de influenciar a eficiência da simbiose (LEKBERG & WALLER, 2016)

A resposta das plantas à micorrização é maior quando a disponibilidade de fósforo no solo é baixa (ROCHA et al., 2006; BALOTA et al., 2011). Deste modo, a resposta das plantas à micorrização é bastante complexa e depende da interação fungo-planta-ambiente. Do ponto de vista de grupos ecológicos ou sucessionais, alguns estudos demonstraram que a intensidade de infecção radicular e resposta das plantas à micorrização é maior naquelas espécies vegetais pioneiras e secundárias iniciais, em comparação com as espécies secundárias tardias e climáticas (ZANGARO et al., 2003; PASQUALINI et al., 2007). Dessa forma em estágios sucessionais mais avançados, o investimento das plantas na formação da simbiose com FMA diminui, o que se reflete no menor potencial de inóculo (baixa densidade de esporos) no solo nessas áreas, em comparação aquelas em estágios sucessionais menos avançados (ZANGARO et al., 2012).

Sabe-se que as plantas apresentam diferentes graus de micotrofismo ou dependência micorrízica, que embora seja complementar, é diferente da resposta da planta à micorrização (JANOS, 2007). Algumas plantas dependem, em maior ou menor grau, da micorriza para sobreviver e crescer, mesmo quando a disponibilidade de nutrientes no solo é considerada adequada (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005). Entre espécies florestais, as plantas com raízes mais finas e maior crescimento lateral são mais dependentes de micorrizas (POPE et al., 1983), sendo que estas características são influenciadas pelo genoma da planta (HETRICK et al., 1996). A dependência da planta à micorriza é avaliada em função do nível de fósforo na solução do solo necessário para “substituir” a micorriza, pois este é um dos nutrientes mais

limitantes ao crescimento vegetal, em ecossistemas tropicais (JANOS, 1988). Assim, diz-se que uma espécie vegetal possui elevada dependência micorrízica quando os benefícios nutricionais advindos desta simbiose aumentam na mesma proporção em que ocorre o incremento da disponibilidade de P no solo (SIQUEIRA & SAGGIN JÚNIOR, 2001).

Considerando-se a elevada diversidade da flora brasileira, ainda há poucas informações a respeito da dependência micorrízica existente entre as espécies nativa. Estudos dessa natureza contribuem para aumentar o conhecimento sobre o estabelecimento da simbiose micorrízica. Nesse contexto, o manejo de insumos biológicos como os fungos micorrízicos arbusculares, que potencializam o influxo de nutrientes de baixa mobilidade no sistema solo-planta, deve receber especial ênfase, de maneira a promover a recuperação e regeneração natural sustentável de áreas degradadas.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a resposta de três espécies florestais do mesmo grupo ecológico à inoculação com FMA, a resposta à aplicação de doses de fósforo, o benefício nutricional com a inoculação destes e a eficiência simbiótica e o grau de dependência micorrízica das plantas. A hipótese testada foi a de que as espécies estudadas apresentam variabilidade de respostas à inoculação com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares refletindo no ganho de massa e nutrientes.

6.1. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos com as espécies pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link), imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum*) e Aroeira (*Schinus terebintifolius*). Sendo dois (pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link), imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum*) no esquema fatorial 5×5 (cinco fontes de inóculo de FMAs e cinco doses de P), e o terceiro com a espécie aroeira (*Schinus terebintifolius* no esquema fatorial 5×4 (cinco fontes de inóculo de FMAs e quatro doses de P). Todos os 3 experimentos foram montados no delineamento inteiramente casualizado com seis repetições. As sementes foram obtidas na Fazenda Modelo da Prefeitura do Rio de Janeiro, localizado em Guaratiba-RJ.

As fontes de inóculo foram: três espécies *Gigaspora margarita* Becker e Hall (GM), *Rhizophagus clarus* Becker e Gerdemann (RC) e *Dentiscutata heterogama* (Nicol e Gerd) Walker e Sanders (DH), a inoculação das três espécies combinadas em um inóculo misto (GRD) e a ausência de inoculação.

As doses de P aplicadas foram estabelecidas com base no P remanescente (Alvarez V et al., 2000), e foram as seguintes: 0, 24, 71, 213 e 650 mg kg⁻¹ de P aplicados ao solo, para o experimento com as espécies imbiruçu e pata de vaca. A espécie aroeira recebeu as doses 0, 71, 213 e 650 mg kg⁻¹ de P. A concentração de K foi equilibrada entre os diferentes tratamentos aplicando-se níveis complementares de solução de KCl junto com a solução de KH₂PO₄. O fósforo disponível no solo foi determinado pelo extrator de Mehlich-1 sendo observada uma alta correlação entre o fósforo aplicado e o P disponível (Figura 9). A testemunha absoluta surge da combinação entre o nível 0 do fator fungo micorrízico (ausência de inoculação) e o nível 0 do fator dose de fósforo (ausência de adição de P ao substrato).

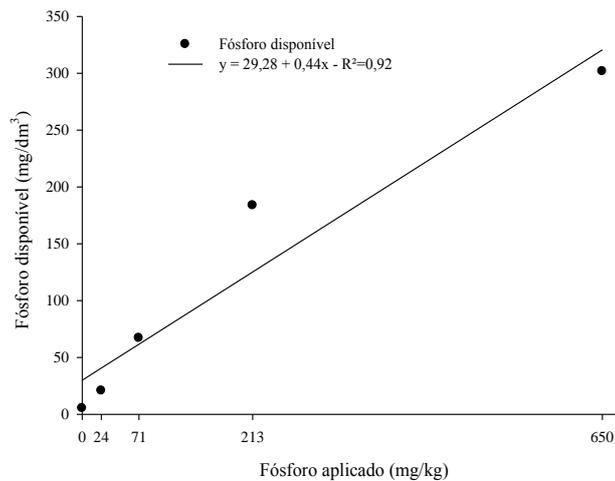


Figura 8. Relação entre Fósforo aplicado e Fósforo disponível ($\hat{y} = 29,28 + 0,44x$. $R^2 = 0,92$.
* Significativo em 1%, o teste F) no solo por extrator Mehlich 1

Os recipientes utilizados foram construídos através da união de um tubete plástico (280 mL) e um copo descartável plástico (700 mL), preenchidos com aproximadamente 1 kg (ROCHA, 2004) do horizonte B de um CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, com as seguintes características químicas: pH em água (1:2,5), 4,9; P e K extraídos por Mehlich-1, 1,89 e 64 Mg dm⁻³, respectivamente; Al, Ca e Mg trocáveis (KCl 1 mol L⁻¹), 1,21, 0,46 e 0,21 cmol_c dm⁻³, respectivamente. A calagem do substrato foi realizada com a aplicação de 943 g por tonelada de solo de Minercal (PRNT=91 % / PN=102 % / CaO + MgO = 52 % / CaO 39 % e MgO 13 %), com base na análise química do substrato. O substrato foi incubado por um período de 60 dias.

Na inoculação, cada recipiente recebeu 1 g de um inóculo constituído por solo e raízes colonizados com propágulos de FMAs. As densidades de esporos de cada espécie de FMA foram: *Dentiscutata heterogama* (DHET A2 - CNPAB002) com 17 esporos g⁻¹, *Gigaspora margarita* (GMAR A1 - CNPAB001) com 35 esporos g⁻¹ e *Rhizophagus clarus* (RCLA A5 - CNPAB005) com 26 esporos g⁻¹. Com o intuito de uniformizar os tratamentos quanto aos demais componentes da microbiota do inóculo, adicionou-se 10 mL de um filtrado isento de propágulos de FMA, obtido a partir dos inóculos das três espécies de FMA, em todos os recipientes.

As sementes de imbiruçu, pata de vaca e aroeira foram desinfestadas superficialmente com H₂O₂ 30 %, por 2 min e germinadas em placas de Petri com papel filtro e algodão no interior de câmara germinadora do tipo BOD (Biological Oxygen Demand), sob luz constante e temperatura de 28 °C, por 5 dias.

Três sementes pré-germinadas foram introduzidas em cada recipiente de cultivo e, após 15 dias, procedeu-se ao desbaste das plântulas, deixando-se apenas uma plântula mais vigorosa por recipiente. Cada muda recebeu, mensalmente, adubação com 100 mL de uma solução nutritiva contendo: CaCl₂(H₂O)₂, 2 mmol L⁻¹; MgSO₄(H₂O)₇, 1 mmol L⁻¹; KCl, 3 mmol L⁻¹; ZnSO₄(H₂O)₇, 0,9 μmol L⁻¹; H₃BO₃, 4 μmol L⁻¹; CuSO₄(H₂O)₅, 1 μmol L⁻¹; MnSO₄H₂O, 6 μmol L⁻¹; NaMoO₄(H₂O)₂, 0,1 μmol L⁻¹; Fe EDTA, 1,66 % (Bertrand et al., 2000). Foram adicionados ainda 150 mg de N por planta na forma de NH₄NO₃. As plantas

foram irrigadas diariamente por um sistema de aspersão automática, com o objetivo de manter a umidade dos recipientes próxima a 70 % da capacidade de campo.

A altura das mudas foi mensurada, a partir do coleto até o meristema apical da parte aérea com uma régua graduada em centímetros e o diâmetro do colo foi mensurado com um paquímetro digital, graduado em milímetros, as variáveis foram avaliadas a cada 21 dias.

Os experimentos foram coletados em 115, 119 e 116 dias após o plantio. Com as espécies: pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link), imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) e aroeira (*Schinus terebintifolius* Raddi).

Após a coleta, as mudas foram divididas em parte aérea e raiz. Meio grama de raízes finas foi separado e mantido em uma solução de etanol 50 % até seu posterior clareamento e coloração (KOSKE & GEMMA, 1989; GRACE & STRIBLEY, 1991). Em seguida, a taxa percentual de colonização radicular pelos FMA foi avaliada pelo método da interseção em placa quadriculada, de GIOVANNETTI & MOSSE (1980), adaptado a partir do método de medida de comprimento de raízes de NEWMAN (1966).

As demais três repetições dos tratamentos foram secas em estufa com circulação forçada de ar, até peso constante (65°C, 72 h) e pesadas em balança analítica com três casas decimais para determinação da massa seca de raiz (MSR) e para a massa seca da parte aérea (MSPA) foram utilizadas todas as seis repetições. Em seguida, a parte aérea das plantas foi moída em um moinho elétrico e submetida à digestão sulfúrica para a extração de N, P e K (TEDESCO et al.,1995). Os teores de N foram determinados pelo método de Kjeldahl, os de P por colorimetria, os de K por fotometria de chama (TEDESCO et al.,1995).

O benefício do fósforo, benefício micorrízico (incremento em massa seca proporcionado pelas espécies de fungos) e a eficiência simbiótica foram calculados utilizando-se as curvas de resposta ao P aplicado, estimadas por regressão polinomial, conforme definido por SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA (1995).

Todos os dados foram transformados (Box-Cox), para atingir a normalidade, e submetidos à análise de variância. Em seguida, foi aplicado o agrupamento de média Scott Knott a 5 % de significância para comparação entre as médias. Aplicou-se, em seguida, a análise de regressão para os fatores quantitativos. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Sisvar versão 5.0 (FERREIRA, 2003).

6.2. RESULTADOS

Resposta da planta a micorrização

Imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns)

Através da análise da Tabela 4, verifica-se que todos os fatores – fungo, dose e a interação entre eles - foram significativos ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis massa seca total (MST), massa seca das raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA). Para as demais variáveis dependentes, foi aplicada somente uma separação através da análise das médias observadas entre os tratamentos. A inoculação com o fungo *G.margarita* (GM) possibilitou os maiores incrementos de MSPA, MSR e de MST de *P. grandiflorum* nas doses de 71 e 213 mg dm⁻³ de P em comparação aos incrementos observados com a inoculação individual e na combinação das espécies de FMA, nessas mesmas doses.

A taxa de colonização entre todos os tratamentos inoculados variou de 6% a 11%, entre os tratamentos RC650 e DH650, respectivamente. Os valores mais elevados foram observados nas doses mais baixas variando de 44% a 61%, nos tratamentos GM0 e GRD0, respectivamente. A variação na colonização pode ser considerada como uma resposta às doses mais baixa à mais elevada de fósforo aplicado.

Através da análise da Tabela 4 que relaciona à altura dos tratamentos com a taxa de colonização micorrízica observou-se que os maiores incrementos em altura ocorreram para os tratamentos: 71 mg de P, GM+71, GM+650 mg de P e GRD+650 mg de P, dentre os tratamentos inoculados. Nos quais, a taxa de colonização não influenciou diretamente no aumento em altura, por apresentar os menores valores dentro de seus respectivos tratamentos inoculados.

A variável diâmetro apresentou entre os tratamentos sem inoculação um padrão crescente em função do aumento das doses de fósforo aplicadas. Entre os tratamentos inoculados verificou-se resposta com a presença do fungo na dose 0, com destaque para o tratamento que recebeu o fungo RC (*Rhizophagus clarus*), porém pode-se observar um ganho entre todos os tratamentos inoculados. Os tratamentos inoculados com as doses 0 e 24 mg kg⁻¹ de fósforo aplicado apresentaram uma alta de taxa de colonização, porém pouca variação na altura e diâmetro (Tabela 4).

Tabela 4. Crescimento de mudas da espécie *P. grandiflorum* inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 119 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Trat	MSR		MSPA		MST		RAPA		D		Micorrização		Altura (cm)	
	(g)		(g)		(g)		(mm)		(mm)		(%)			
0	1,84	cB	4,36	bC	6,53	cB	0,42	bA	0,86	b	0	a	8,50	b
24	3,06	cB	4,89	bA	7,95	cB	0,63	bA	1,12	b	0	a	9,90	b
71	3,93	bC	5,04	bB	8,97	cC	0,91	aA	2,48	a	0	a	13,60	a
213	4,79	bB	5,25	aB	10,04	bC	0,99	aA	2,45	a	0	a	11,80	a
650	6,02	cA	6,10	bA	12,12	bA	0,78	bA	1,46	b	0	a	9,20	b
DH0	4,31	cA	6,22	bA	10,53	bA	0,69	bA	1,56	b	50	a	9,20	b
DH24	4,59	cB	6,38	bA	10,97	bA	0,72	bA	2,01	a	20	b	10,20	b
DH71	4,70	cB	5,53	bB	11,02	bC	0,74	bA	1,45	b	28	b	10,20	b
DH213	5,42	bB	6,37	bB	11,72	bC	1,10	aA	1,69	b	22	b	11,30	a
DH650	4,57	cA	7,92	aA	12,49	bA	0,58	bA	1,63	b	11	b	11,60	a
GM0	2,78	cB	5,38	bB	8,16	cB	0,52	bA	1,08	b	44	a	7,40	b
GM24	5,95	bA	6,14	bA	12,09	bA	0,97	aA	1,34	b	50	a	9,70	b
GM71	8,80	aA	7,29	aA	16,09	aA	1,21	aA	2,34	a	25	b	13,30	a
GM213	8,89	aA	7,59	aA	16,48	aA	1,17	aA	2,11	a	22	b	12,40	a
GM650	5,21	cA	7,01	aA	12,22	bA	0,74	bA	2,18	a	7	b	14,20	a
RC0	4,01	cA	5,87	bA	9,88	cA	0,68	bA	2,02	a	45	a	10,30	b
RC24	3,58	cB	6,09	bA	9,67	cB	0,66	bA	1,58	b	32	a	9,18	b
RC71	4,06	cC	6,11	bB	10,17	cC	0,59	bB	1,85	a	39	a	10,60	b
RC213	5,15	cB	7,28	aA	12,43	bB	0,71	bA	1,73	b	39	a	10,90	b
RC650	8,01	aA	7,21	aA	15,22	aA	1,11	aA	2,25	a	6	b	12,60	a
GRD0	3,68	cA	5,19	bB	8,87	cA	0,71	bA	1,50	b	61	a	9,50	b
GRD24	6,34	bA	6,38	aA	12,71	bA	1,02	aA	2,13	a	28	b	10,70	b
GRD71	5,71	bB	7,14	aA	12,85	bB	0,84	bB	1,93	a	48	a	10,10	b
GRD213	5,96	bB	7,08	bA	13,04	bB	0,99	aA	1,55	b	39	a	11,30	a
GRD650	6,78	bA	6,62	aA	13,40	bA	0,80	bA	2,43	a	8	b	13,10	a
Teste F(dose)	10,07*		7,24*		18,28*									
Fungo	3,52*		0,71		3,99*									
Interação	3,54*		0,87		3,88*									
CV Dose	42,59		22,65		23,90									
CV Fungo	44,44		22,54		25,12									
CV(%)	34,93		20,30		18,26		44,27	43,11	39,1				28,77	

¹Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras os fungos presentes, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC= *Rizophagus clarus*, GRD= combinação dos fungos micorrízicos. Doses sem indicação de letras representam a ausência de aplicação de fungos.

² MSR = massa seca da raiz; ³ MSPA = massa seca da parte aérea; ⁴ MST = massa seca total; ⁵ RAPA = relação raiz:parte aérea; ⁶ D = diâmetro do caule a altura do solo. Valores médios seguidos de letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). Valores médios seguidos de letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos da mesma dose de fósforo com as diferentes espécies de fungos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). ³ A Dose 0 é referente a testemunha absoluta. Valores com * foram significativos a 5%.

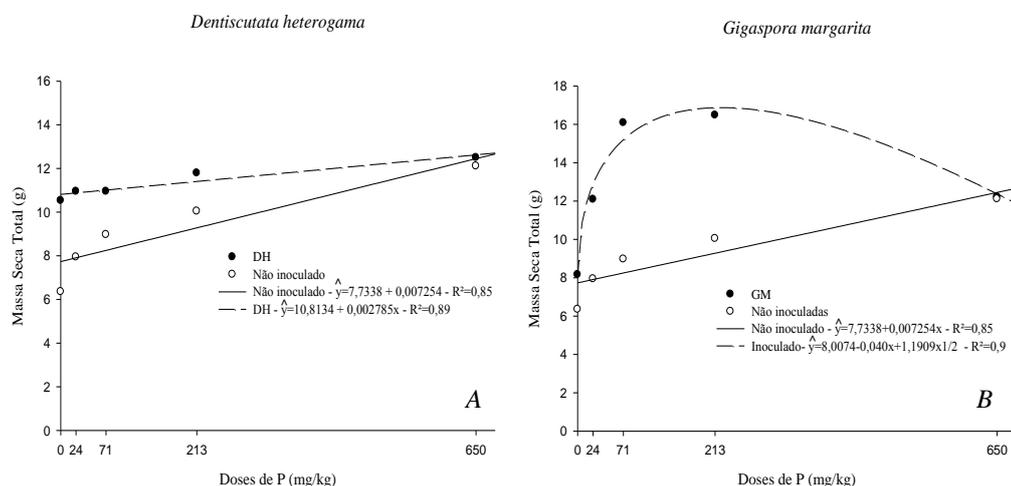
A espécie *P.grandiflorum* apresentou respostas diferenciadas aos tratamentos com inoculação, para a biomassa seca total (Figura 10). De modo geral, a contribuição da colonização com os diferentes fungos foi maior nas doses menores ou intermediárias de P, com exceção do tratamento inoculado com *Rhizophagus clarus*, em que o crescimento das mudas inoculadas da maior dose de P foi superior ao das mudas não inoculadas na mesma dose. A resposta em crescimento das plantas não inoculadas ao aumento na dose de P foi linear. Já para as inoculadas, a resposta foi diferenciada, de acordo com a espécie de fungo inoculada.

A biomassa seca total de *P.grandiflorum* inoculada com *D.heterogama* aumentou linearmente, em função do aumento da dose de P aplicada. Porém, a contribuição do fungo para o crescimento da planta foi reduzida em função desse aumento, tornando-se nula na maior dose (Figura 10A). O aumento na dose de P proporcionou um aumento na biomassa até que fosse atingida o maior valor dessa para a dose de 650 mg kg⁻¹ de P, em que foi observado o maior valor de altura. A biomassa das mudas inoculadas aumentou até a dose de 213 mg kg⁻¹, se igualando aos valores quantificados para as plantas não inoculadas na maior dose (Figura 10A).

No caso de *G. margarita*, houve o ajuste de modelo raiz quadrada, em que a biomassa total da planta aumentou abruptamente até atingir o valor máximo nas doses intermediárias de P. (Figuras 10B). A resposta à inoculação diminuiu a partir da dose 213 mg kg⁻¹ de P.

A inoculação com a combinação dos fungos promoveu incremento da biomassa total nas doses mais baixas e intermediárias aplicadas, em relação à planta não inoculada. O ganho de biomassa se tornou equivalente ao tratamento sem inoculação do fungo micorrízico somente na dose mais alta de P aplicado (Figura 10C), sendo o modelo ajustado o de raiz quadrada.

As plantas inoculadas com o fungo *R. clarus* apresentaram o maior crescimento em relação as não inoculadas, independentemente da dose de fósforos (Figura 10D)



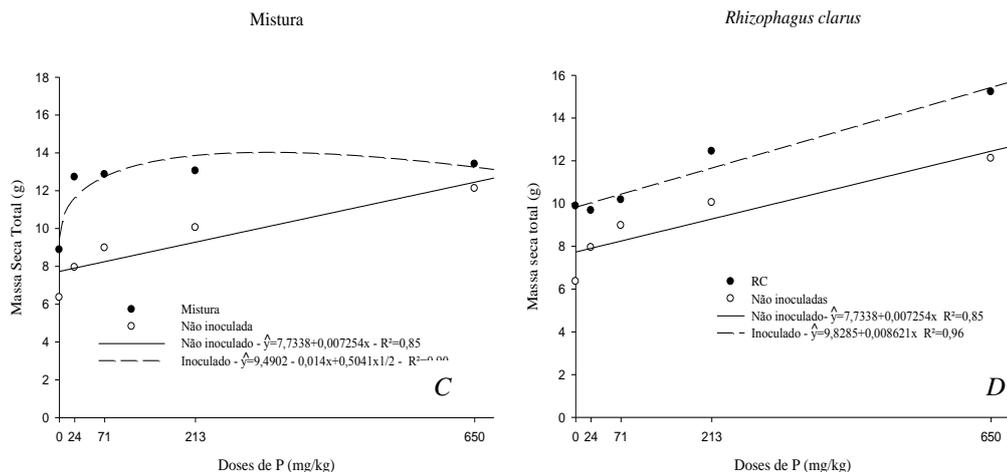


Figura 9. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *P. grandiflorum* inoculadas com fungos. (A) - *Dentiscutata heterogama* (DH) (B) - *Gigaspora margarita* (GM) (C) - Combinação das três espécies (RDG) (D) - *Rhizophagus Clarus* (RC) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg. Aos 119 dias após o plantio. Média de 6 repetições. O gráfico linear contínuo representa os resultados dos tratamentos inoculados em diferentes níveis de fósforo. O gráfico com linha tracejada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de fósforo.

O benefício micorrízico variou em função da espécie de fungo inoculado, sendo o maior benefício proporcionado pelo fungo *G.margarita* e pela combinação das três espécies de fungos, as quais se refletiram nas maiores eficiências simbióticas entre as espécies testadas. O valor obtido pelo benefício do fósforo, foi inferior ao benefício obtidos pelas espécies de fungos, o que retrata a vantagem da inoculação. (Tabela 5).

Tabela 5. Resposta da espécie *Pseudobombax grandiflorum* à inoculação através da estimativa do benefício micorrízico (MB), benefício de fósforo (PB) e eficiência simbólica (SE) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, com base na massa seca total de a planta. Aos 119 dias após o plantio. Média de 4 repetições.

Trat	Benefício Micorrízico ⁽¹⁾	Benefício do Fósforo ⁽²⁾	Eficiência Simbiótica ⁽³⁾
	(Área)		(%)
<i>D. heterogama</i>	3.330	3.054	109,03
GRD	4.174	3.054	136,65
<i>R. clarus</i>	3.291	3.054	107,74
<i>G. margarita</i>	4.674	3.054	153,04

GRD = Combinação das três espécies de AMF. (1) Estimado por subtração da área sob a curva de tratamentos não inoculados e a área sob a curva dos tratamentos inoculados. (2) Estimado por cálculo de integral definido pela curva de tratamentos não inoculados. (3) Estimado pela relação entre o benefício micorrízico e o benefício de fósforo.

Benefício nutricional

Os tratamentos inoculados com fungos micorrízicos, tanto individualmente como com a combinação das espécies, proporcionaram somente benefício nutricional restrito ao P quando comparados aos tratamentos sem inoculação. Esse benefício fica mais claro nas doses mais baixas de fósforo aplicado (0 e 24 mg dm⁻³) com o crescimento na absorção quando comparados com os tratamentos sem inoculação, apresentando valores mais elevados principalmente de P nos tecidos, o que pode ser constatado através da análise nutricional apresentada na tabela 6. Os teores de N e K não apresentaram variação entre os tratamentos inoculados e não inoculados. Os valores de P na parte aérea foram similares em todas as doses de P no solo quando a planta é inoculada com a combinação (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito da interação entre doses de P e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie *P. grandiflorum*. Aos 119 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Tratamentos	Parte Aérea (%)		
	N	P	K
0	0,31	0,69 b	0,67 a
24	0,30	0,76 b	0,44 b
71	0,25	1,19 a	0,35 b
213	0,39	1,67 a	0,62 a
650	0,38	1,07 b	0,56 a
DH0	0,22	0,91 b	0,38 b
DH24	0,35	1,55 a	0,57 a
DH71	0,31	0,91 b	0,41 b
DH213	0,45	1,48 a	0,62 a
DH650	0,31	1,73 a	0,67 a
GM0	0,32	0,84 b	0,36 b
GM24	0,37	1,51 a	0,57 a
GM71	0,35	1,05 b	0,36 b
GM213	0,32	1,16 a	0,43 b
GM650	0,41	0,49 b	0,65 a
RC0	0,31	0,99 b	0,56 a
RC24	0,30	1,28 a	0,49 b
RC71	0,46	1,55 a	0,47 b
RC213	0,38	1,21 a	0,55 a
RC650	0,41	0,68 b	0,68 a
GRD0	0,35	1,27 a	0,51 b
GRD24	0,31	1,23 a	0,61 a
GRD71	0,29	1,35 a	0,54 a
GRD213	0,36	1,5 a	0,46 b
GRD650	0,36	1,35 a	0,61 a
CV(%)	16,24	27,79	19,56

¹ Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras as espécies de fungos, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC = *Rhizophagus clarus*, GRD – combinação das três espécies. Doses sem indicação de letras representam a ausência de fungos.

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott

Knott ($p = 0,05$). A Dose 0 é referente a testemunha absoluta

Pata de vaca (*Bauhinia forficata* Link)

Resposta da planta a micorrização

A interação entre os fatores não foi significativa para nenhum dos atributos estudados. Através da análise da Tabela 7, verifica-se que entre os fatores – fungo, dose e a interação, somente a dose foi significativa ao nível de 5 % de probabilidade para todas as variáveis avaliadas. O fator fungo só apresentou significância para variável massa seca de raiz (MSR).

A taxa de colonização entre todos os tratamentos inoculados esteve entre 61% e 2%, considerando a variação entre as doses mais baixa e a mais elevada de P aplicado, com a dose mais elevada de colonização sendo na dose 71mg kg^{-1} no tratamento com o fungo *Dentiscutata heterogama*.

Através da análise da Tabela 7 pode-se relacionar a altura dos tratamentos com a taxa de colonização micorrízica, observa-se que os maiores incrementos em altura ocorreram para os tratamentos: 650 mg de P, DH+650, RC+71 mg de P e GM+650 mg de P em que, a taxa de colonização não influenciou diretamente no crescimento em altura. As variáveis diâmetro e altura responderam diretamente na presença de doses mais altas de P e não apresentaram nenhuma relação com a taxa de colonização (Tabela 7).

Tabela 7. Crescimento de mudas da espécie *Bauhinia forficata* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Trat	MSR		MSPA		MST		RAPA		D		Micorrização	Altura	
			(g)						(mm)		(%)	(cm)	
0	1,72	bA	2,32	bA	4,03	bA	0,74	3,67	b	0		22,36	b
24	1,17	cA	3,02	bA	4,19	bB	0,39	4,01	b	0		28,08	a
71	1,90	bB	4,66	aA	6,56	aA	0,41	4,86	a	0		28,91	a
213	2,92	aA	5,62	aA	8,54	aA	0,52	5,02	a	0		34,40	a
650	2,76	aB	5,44	aA	8,20	aA	0,51	4,82	a	0		37,68	a
DH0	0,96	cA	1,39	bA	2,35	cB	0,69	3,41	b	20	b	19,82	b
DH24	1,89	bA	2,91	bA	4,80	bB	0,65	3,8	b	24	b	23,71	b
DH71	2,77	aA	6,38	aA	9,15	aA	0,43	5,27	a	61	a	33,16	a
DH213	2,72	aA	5,68	aA	8,40	aA	0,48	4,89	a	32	b	33,63	a
DH650	2,98	aA	5,25	aA	8,23	aA	0,57	4,79	a	2	c	37,18	a
GM0	1,01	cA	2,27	bA	3,28	bB	0,44	3,19	b	38	a	20,52	b
GM24	1,75	bA	1,97	bB	3,72	bC	0,89	3,56	b	25	b	22,35	b
GM71	1,73	bB	5,41	aA	7,14	aA	0,32	4,86	a	16	b	26,93	b
GM213	2,89	aA	5,34	aA	8,23	aA	0,54	4,72	a	15	b	32,88	a
GM650	2,67	aB	4,88	aA	7,55	aA	0,55	4,81	a	0	c	34,90	a
RC0	1,25	cA	2,87	bA	4,12	bA	0,44	3,58	b	45	a	20,89	a
RC24	2,32	aA	4,53	aA	6,85	aA	0,51	4,06	b	47	a	27,38	b
RC71	2,53	aA	4,19	aA	6,72	aA	0,60	4,89	a	25	b	35,84	a
RC213	2,58	aA	5,83	aA	8,41	aA	0,44	4,99	a	8	c	29,34	a
RC650	3,14	aA	4,84	aA	7,98	aA	0,65	4,79	a	22	b	34,80	a
GRD0	1,02	cA	0,83	bB	1,85	cC	1,23	3,29	b	49	a	21,85	b
GRD24	1,32	cA	2,67	bA	3,99	bC	0,49	3,51	b	16	b	21,86	b
GRD71	2,31	aA	3,83	aA	6,14	aA	0,60	4,88	a	55	a	29,30	a
GRD213	2,33	aA	6,18	aA	8,51	aA	0,38	4,9	a	43	a	30,13	a
GRD650	2,47	aB	5,75	aA	8,22	aA	0,43	4,64	a	27	b	32,04	a
Teste F(dose)	39,3*		24,69*		43,88*								
Fungo	2,89*		0,59		1,69								
Interação	1,08		1,38		1,52								
CV.Dose	29,86		42,78		31,08								
CV.Fungo	41,57		54,85		44,94								
CV(%)	28,98		42,11		30,1		34,08	16,04		38,57		21,68	

¹ Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras os fungos presentes, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC= *Rizopagus clarus*, GRD= combinação das espécies. Doses indicação de letras representam a ausência de fungos.

² MSR = massa seca da raiz; ³ MSPA = massa seca da parte aérea; ⁴ MST = massa seca total; ⁵ RAPA = relação raiz:parte aérea; ⁶ D = diâmetro do caule a altura do solo. Valores médios seguidos de letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). Valores médios seguidos de letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos da mesma dose de fósforo com as diferentes espécies de fungos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). ³ A Dose 0 é referente a testemunha absoluta. Valores com * foram significativos a 5%.

A espécie *B. forficata* apresentou respostas padronizadas, entre os tratamentos com inoculação (Figura 11). Não houve uma resposta significativa entre as espécies de fungos utilizadas independentemente da variação das doses de fósforo aplicadas. A resposta em crescimento das plantas não inoculadas ao aumento na dose de P foi quadrática, o que representa a mesma resposta obtida pela planta inoculada, exceto pela espécie *D. heterogama*. O destaque entre as espécies de fungo fica com a mistura (Figura 11 C). Esse tratamento apresentou um modelo quadrático e que promoveu um efeito pontual sobre o incremento de biomassa total da espécie, a partir das doses intermediária.

O incremento de biomassa total entre as mudas da espécie inoculada e não inoculadas não apresentam diferença. Portanto a presença do fungo micorrízico não foi necessária para a absorção do P. A espécie, neste caso, seria independente do fungo micorrízico.

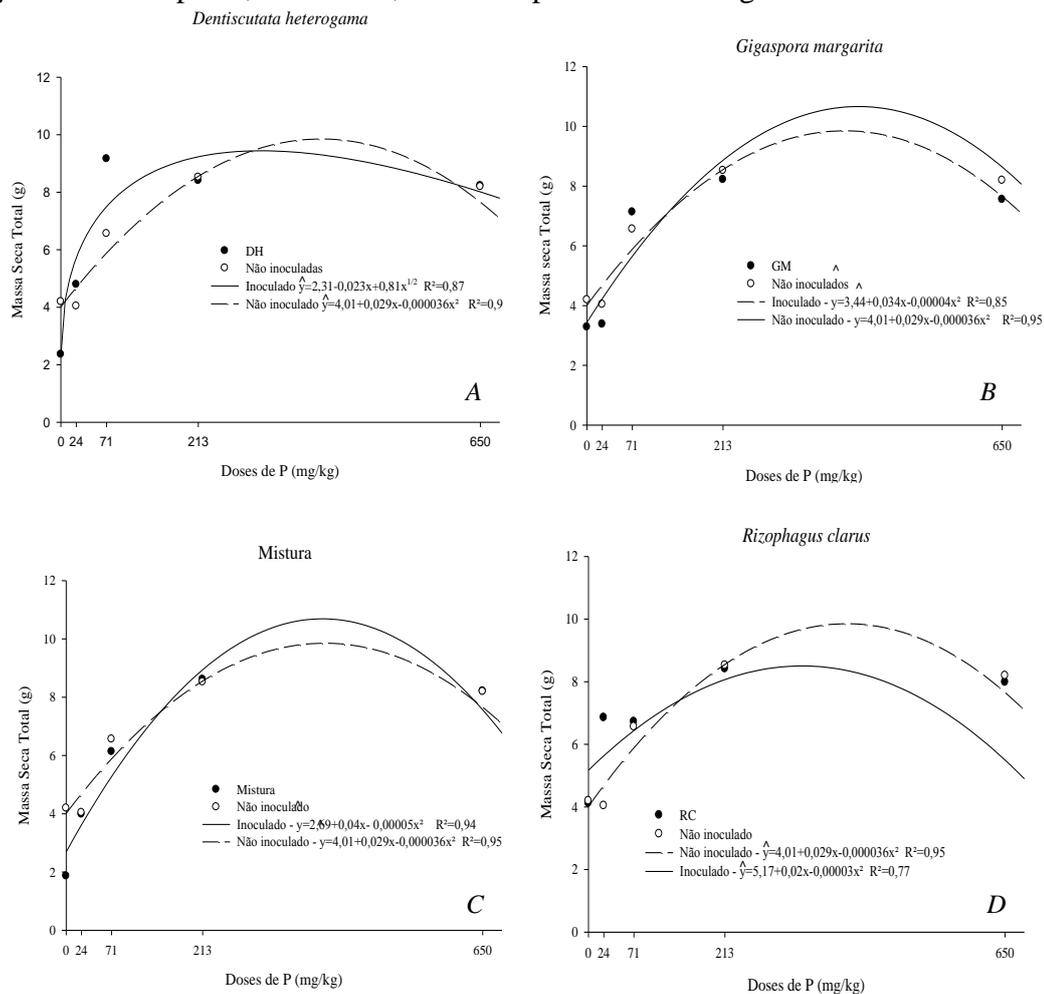


Figura 10. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *B. forficata* inoculadas com fungos. (A) - *Dentiscutata heterogama* (DH) (B) - *Gigaspora margarita* (GM) (C) - Combinação das três espécies (GRD) (D) - *Rhizophagus clarus* (RC) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições. O gráfico linear contínuo representa os resultados dos tratamentos inoculados em diferentes níveis de fósforo. O gráfico com linha tracejada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de fósforo.

O benefício micorrízico e a eficiência simbiótica apresentaram variação em função das espécies de fungo inoculado, com efeitos quase nulos ao desenvolvimento da espécie sem

inoculação. O maior benefício foi proporcionado entre os tratamentos inoculados foi pela mistura de fungos e a inoculação com *G.margarita*, as quais se refletiram nas maiores eficiências simbióticas entre as espécies testadas, Não comparação com os tratamentos inoculados com os fungos *D.heterogama* e com o *R.clarus* (Tabela 8).

Tabela 8. Resposta da espécie *Bauhinia forficata* à inoculação através da estimativa do Benefício micorrízico (BM), Benefício do fósforo (BF) e Eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, com base na Massa Seca Total da planta. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

TRAT	Benefício micorrízico ⁽¹⁾	Benefício do fósforo ⁽²⁾	Eficiência Simbiótica ⁽³⁾
	(Área)		(%)
DH	2.827	3.530	80,09
Mistura (GRD)	3.988	3.530	112,98
RC	2.716	3.530	76,94
GM	3.948	3.530	111,84

GRD: combinação das três espécies de fungos micorrízicos. (1) Estimada pela subtração da área sob a curva dos tratamentos não inoculados da área sob a curva dos tratamentos inoculados menos. (2) Estimada por cálculo de integral definida pela curva dos tratamentos não inoculados. (3) Estimada pela relação entre o Benefício micorrízico e o Benefício do fósforo.

Benefício nutricional

Os tratamentos inoculados com fungos micorrízicos, tanto individualmente como com a combinação das espécies, não proporcionaram grandes benefícios nutricionais, quando comparados aos tratamentos sem inoculação. A planta adquiriu mais P quando inoculada com fungo micorrízico somente na dose mais elevada de 650mgkg^{-1} de P, não apresentando resposta a inoculação nas demais doses, sendo assim foi verificada diferença estatística somente em todos os tratamentos inoculados que receberam a dose mais elevada. Não houve mudança na concentração do nutriente N com a inoculação. A concentração de K apresentou uma resposta significativa em função das doses de P aplicadas, em que as maiores concentrações de K foram encontradas nos tratamentos que receberam as doses mais altas de P (Tabela 9).

Tabela 9. Efeito da interação entre doses de fósforo e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie *Bauhinia forficata*. Aos 115 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Tratamentos	Parte Aérea (%)		
	N	P	K
0	0,50	0,93 b	0,39 b
24	0,58	1,22 b	0,29 b
71	0,42	1,27 b	0,45 a
213	0,50	1,44 b	0,48 a
650	0,49	1,59 b	0,34 b
DH0	0,56	1,15 b	0,23 b
DH24	0,42	1,19 b	0,33 b
DH71	0,36	0,89 b	0,38 b
DH213	0,52	1,17 b	0,39 b
DH650	0,49	2,41 a	0,54 a
GM0	0,53	0,87 b	0,31 b
GM24	0,61	1,13 b	0,29 b
GM71	0,40	1,37 b	0,57 a
GM213	0,37	1,2 b	0,53 a
GM650	0,44	1,98 a	0,63 a
RC0	0,52	1,46 b	0,33 b
RC24	0,44	1,51 b	0,26 b
RC71	0,38	1,63 b	0,26 b
RC213	0,63	1,59 b	0,58 a
RC650	0,38	2,47 a	0,71 a
GRD0	0,44	1,19 b	0,29 b
GRD24	0,45	1,05 b	0,24 b
GRD71	0,29	1,06 b	0,32 b
GRD213	0,52	1,15 b	0,48 a
GRD650	0,47	2,99 a	0,56 a
CV(%)	17,28	35,68	32,76

¹ Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras as espécies de fungos, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC = *Rhizophagus clarus*, GRD – combinação das três espécies. Doses sem indicação de letras representam a ausência de fungos. Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). A Dose 0 é referente a testemunha absoluta

Aroeira (*Schinus terebinthifolius*)

Resposta da planta a micorrização

Através da análise da Tabela 10, verifica-se que todos os fatores – fungo, dose e a interação entre eles - foram significativos ao nível de 5 % de probabilidade, para todas as variáveis avaliadas.

A inoculação com a combinação dos fungos favoreceu os maiores incrementos de MST para a espécie nas doses 0 e 24 mg dm⁻³ de P em comparação aos incrementos observados nos demais tratamentos nessas mesmas doses.

A taxa de colonização entre todos os tratamentos inoculados esteve entre 62% e 2%, considerando a variação entre as doses mais baixa e a mais elevada de P aplicado. As variáveis diâmetro e altura não apresentaram resposta em função do aumento nas doses de P aplicadas.

Na Tabela 10 observou-se que os maiores incrementos em altura ocorreram para os tratamentos 0 mg de P aplicados, para as espécies *Gigaspora margarita* e *Rizopogon clarus*. A taxa de colonização influenciou no crescimento em altura, pois com o aumento das doses houve uma redução na taxa de colonização e, conseqüentemente, no crescimento da espécie (Tabela 10).

Tabela 10. Crescimento de mudas da espécie *Schinus terebintifolius* inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em cinco doses de fósforo. Aos 116 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Tratamentos	MSR	MSPA	MST	RAPA	D	Micorriza	Altura
		(g)			(mm)	(%)	(cm)
0	0,55 dA	1,66 eB	2,21 cB	0,33	3,20	0	21,20 c
71	0,63 dB	1,89 eC	2,52 cC	0,52	3,14	0	21,00 c
213	0,95 dB	1,84 eB	2,79 cB	0,33	2,92	0	19,47 c
650	1,51 cA	2,54 dA	4,05 bA	0,59	3,29	0	15,82 c
DH0	1,16 dA	3,63 cA	4,79 bA	0,32	3,45	43b	23,20 b
DH71	0,84 dB	3,48 cB	4,32 bB	0,29	2,91	19c	17,82 c
DH213	0,87 dB	3,01 cA	3,88 bB	0,24	3,05	36b	23,10 b
DH650	0,55 dC	2,73 dA	3,28 cA	0,20	3,11	3d	23,30 b
GM0	1,10 dA	3,99 bA	5,09 bA	0,28	3,93	36b	27,25 a
GM71	0,96 dB	3,39 cB	4,35 bB	0,28	2,94	20c	22,16 b
GM213	0,81 dB	3,08 cA	3,89 bB	0,26	3,00	16c	23,40 b
GM650	0,97 dB	2,80 dA	3,77 bA	0,35	3,04	2d	23,70 b
RC0	0,91 dA	3,45 cA	4,36 bA	0,26	3,72	57a	26,97 a
RC71	1,04 dB	3,27 cB	4,31 bB	0,32	2,90	30b	19,51 c
RC213	0,88 dB	2,93 cA	3,81 bB	0,30	2,84	28b	18,55 c
RC650	0,56 dC	2,81 dA	3,37 cA	0,20	3,35	4d	19,70 c
GRD0	1,72 cA	3,81 bA	5,53 bA	0,45	3,58	62a	22,80 b
GRD71	2,39 bA	4,79 aA	7,18 aA	0,50	2,88	13c	19,63 c
GRD213	5,31 aA	3,17 cA	8,48 aA	1,68	3,18	13c	19,85 c
GRD650	0,65 dC	3,03 cA	3,68 bA	0,21	3,16	1d	19,91 c
Teste F(dose)	15,11*	5,09*	4,55*				
Teste F(fungo)	42,86*	17,28*	27,31*				
Interação	17,78*	2,12*	5,81*				
CV.Dose	88,53	28,87	38,28	82,81			
CV.Fungo	75,43	23,46	29,85	76,62			
CV(%)	36,59	20,24	21,58	34,62	16,19	36,01	10,6

¹ Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras os fungos presentes, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC= *Rizophagus clarus* e GRD = Mistura das espécies de fungos. Doses indicação de letras representam a ausência de fungos.

² MSR = massa seca da raiz; ³ MSPA = massa seca da parte aérea; ⁴ MST = massa seca total; ⁵ RAPA = relação raiz:parte aérea; ⁶ D = diâmetro do caule a altura do solo. Valores médios seguidos de letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). Valores médios seguidos de letras maiúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos da mesma dose de fósforo com as diferentes espécies de fungos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). ³ A Dose 0 é referente a testemunha absoluta. Valores com * foram significativos a 5%.

A espécie *S. terenbitifolius* apresentou respostas diferenciadas ao desenvolvimento, em função das três espécies de fungos e da combinação desses (Figura 12). As plantas não inoculadas apresentaram um aumento no incremento da biomassa em modelo linear com a adição crescente de P, que gerou um ganho na biomassa até que fosse atingido seu melhor desenvolvimento na dose 650 mg kg⁻¹ de P.

A biomassa total da espécie *S. terenbitifolius* inoculada com *R. clarus* apresentou um ajuste linear negativo, sendo verificada redução no incremento da biomassa em função do aumento

das doses de P aplicadas, até o ponto de intersecção entre as curvas denominado Valor T', que para esta espécie foi 484 mgkg⁻¹ de P; a resposta da espécie ao fungo deixa de ser positiva a partir desse ponto (Figura 12A). A resposta à inoculação com *D. heterogama* foi similar com *R. clarus*, sendo observado o ajuste de um modelo linear negativo, mostrando um decréscimo na biomassa vegetal das plantas inoculadas com o aumento nas doses de P disponível. O Valor T' para essa espécie foi 475 mg kg⁻¹ de P; a partir desse ponto o fungo apresenta um efeito negativo sobre a espécie (Figura 12B).

Para o fungo *Gigaspora margarita*, observou-se um ajuste quadrático negativo, o incremento da espécie decaiu com o aumento das doses de P aplicada. O valor T' dessa espécie foi 402 mg kg⁻¹ de P (Figura 12C).

A combinação dos fungos apresentou um ajuste quadrático positivo. O ganho de massa se inverte no ponto máximo da curva ou, precisamente, na dose 276,31 mg kg⁻¹ de P aplicado, que simboliza o maior incremento do tratamento, onde seu valor T' foi superior à última dose aplicada (Figura 12D).

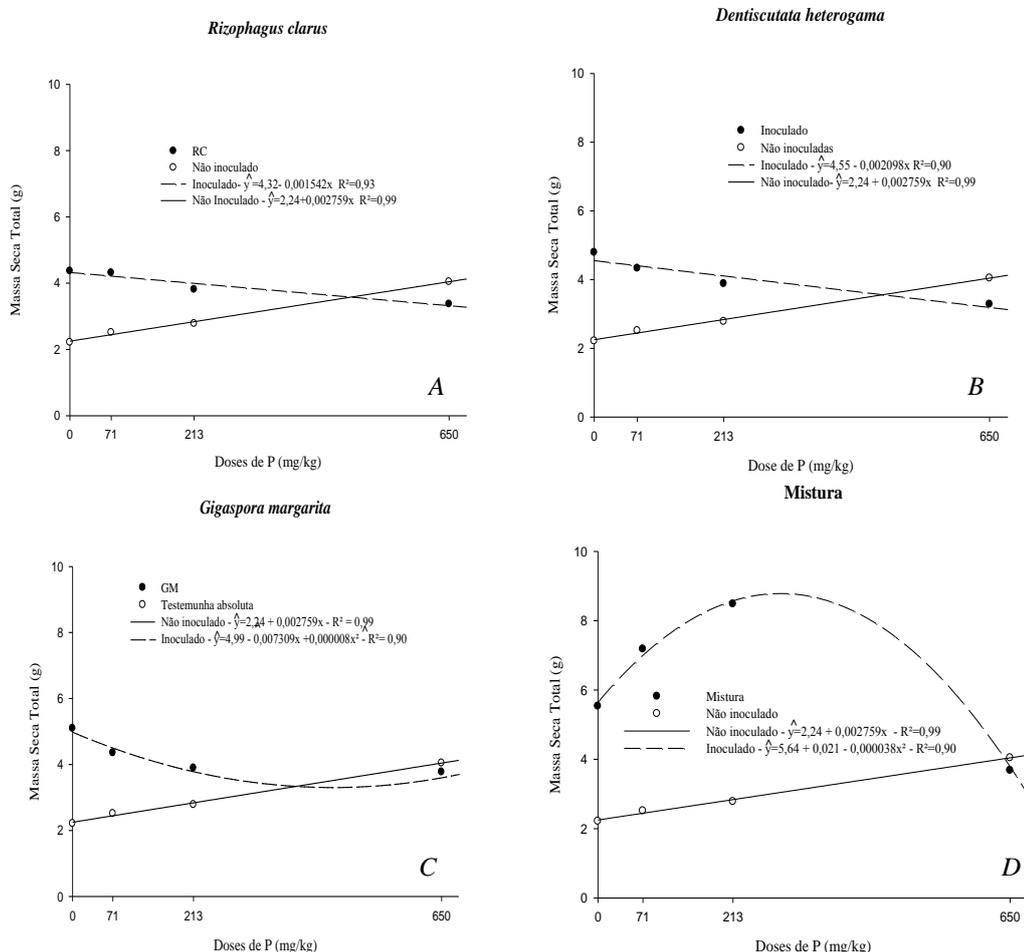


Figura 11. Curvas de resposta P aplicadas pelas espécies *S.terebintifolius* inoculadas com fungos. (A) - *Rhizophagus Clarus* (RC). (B) - *Dentiscutata heterogama* (DH). (C) - *Gigaspora margarita* (GM). (D) - Combinação das três espécies (RDG) em cinco níveis de fósforo. Combinação de três doses não-inoculadas (controle), doses de fósforo variando de 0 a 650mg/kg. Aos 116 dias após o plantio. Média de 6 repetições. O gráfico linear contínuo representa os resultados dos tratamentos inoculados em diferentes níveis de fósforo. O gráfico

com linha pontilhada representa os resultados dos tratamentos sem inoculação em todos os níveis de fósforo.

A inoculação com a combinação dos fungos e com a espécie *Gigaspora margarita* promove grandes benefícios micorrízicos à espécie. A combinação apresentou eficiência simbiótica de 190,92%, enquanto o fungo *Gigaspora margarita* de 119,81% (Tabela 11).

Tabela 11. Resposta da espécie *Schinus terebintifolius* à inoculação através da estimativa do Benefício micorrízico (BM), Benefício do fósforo (BF) e Eficiência simbiótica (ES) das diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares, baseando se na Massa Seca Total da planta. Aos 116 dias após o plantio. Média de 4 repetições.

Tratamento	Benefício Micorrízico ⁽¹⁾ (Área)	Benefício do Fósforo ⁽²⁾	Eficiência Simbiótica ⁽³⁾ (%)
DH	467,2	801,4	58,30
GRD	1.530,1	801,4	190,92
RC	564,7	801,4	70,46
GM	960,2	801,4	119,81

GRD: combinação das três espécies de fungos micorrízicos. (1) Estimada pela subtração da área sob a curva dos tratamentos não inoculados da área sob a curva dos tratamentos inoculados menos. (2) Estimada por cálculo de integral definida pela curva dos tratamentos não inoculados. (3) Estimada pela relação entre o Benefício micorrízico e o Benefício do fósforo.

Benefício nutricional

O tratamento inoculado com a mistura dos fungos micorrízicos apresentou um melhor benefício nutricional, quando comparado ao tratamento sem nenhuma inoculação, somente para o P. No entanto, o tratamento não inoculado apresentou uma capacidade de absorver o nutriente sem a adição do fungo micorrízico, o que não resultou em ganho de massa como visto anteriormente (Tabela 11 e 12).

Tabela 12. Efeito da interação entre doses de fósforo e fungos micorrízicos no estado nutricional da espécie *Schinus terebintifolius*. Aos 116 dias após o plantio. Média de 6 repetições.

Tratamentos	Parte Aérea (%)		
	N	P	K
0	0,63 b	0,7 b	0,78
71	0,82 a	0,8 b	0,68
213	0,59 b	1,1 b	0,89
650	0,95 a	1,9 a	0,55
DH0	0,44 b	1,3 b	0,81
DH71	0,43 b	1,1 b	0,86
DH213	1,32 a	1,9 a	0,64
DH650	0,94 a	1,6 a	0,95
GM0	0,37 b	0,5 b	0,74
GM71	0,94 a	1,3 b	0,78
GM213	0,44 b	1,3 b	0,73
GM650	0,82 a	1,6 a	0,95
RC0	0,44 b	1,3 b	0,70
RC71	0,92 a	1,5 b	0,78
RC213	0,65 b	1,3 b	0,77
RC650	0,6 b	0,9 b	1,02
GRD0	0,75 a	1,2 b	0,79
GRD71	0,87 a	2,5 a	1,10
GRD213	0,63 b	2,9 a	0,74
GRD650	1,12 a	1,8 a	0,91
CV(%)	33,99	39,62	15,95

¹ Os números indicam as doses de fósforo (0, 24, 71, 213, 650 mg kg⁻¹) e as letras as espécies de fungos, a saber: DH= *Dentiscutata heterogama*, GM= *Gigaspora margarita*, RC = *Rhizophagus clarus*, GRD – combinação das três espécies. Doses sem indicação de letras representam a ausência de fungos.

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo teste Scott Knott (p = 0,05). A Dose 0 é referente a testemunha absoluta

6.3. DISCUSSÃO

Os resultados encontrados demonstraram a importância de se promover a seleção de espécies de fungos micorrízicos para cada espécie florestal utilizada em qualquer tipo de serviço. O reflexo dessa variação de resposta fica claro em função da espécie de fungo micorrízico utilizado para as espécies florestais nativas da Floresta Atlântica, e que pertencem ao mesmo grupo ecológico (ZANGARO et al, 2002). Esse padrão pode ser confirmado quando se observa o padrão da espécie *Dentiscutata heterogama*, quando inoculada na espécie *Schinus terebintifolius*, que apresentou ajuste linear negativo. Para a espécie *Pseudobombax grandiflorum*, foi verificado melhor ajuste ao modelo linear positivo. Essa variação pode sugerir alguma relação entre as características do hospedeiro e a função ecológica da espécie de fungo micorrízico, pois para a espécie *Bauhinia forficata* não houve resposta, tendo assim três cenários distintos. Sendo que cada espécie respondeu, de forma diferente, a mesma espécie de fungo micorrízico.

Os dados desse estudo confirmam a observação feita por SIQUEIRA & SAGGIN-JÚNIOR (2001), os quais indicaram a existência de níveis de beneficiamento diferente ao hospedeiro, em função da mudança das espécies de planta inoculadas com o mesmo fungo micorrízico. A resposta verificada para as espécies estudadas as classifica em grupos distintos de dependência: a espécie imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum*) apresentou dependência e uma baixa responsividade quando inoculada com *Dentiscutata heterogama*. Porém, quando inoculada com a espécie *Gigaspora margarita*, a mesma apresentou uma alta dependência e responsividade, em função das doses de P aplicadas.

Para a espécie aroeira (*Schinus terebintifolius*), a responsividade do hospedeiro foi alterada em função das diferentes espécies de fungos empregadas. A espécie seria classificada como “muito dependente com baixa responsividade” com as espécies inoculadas individualmente, com seu desenvolvimento sendo superior aproximadamente em duas vezes quando comparado aos tratamentos sem inoculação. O tratamento com a associação dos fungos apresentou resposta diferenciada, com um desenvolvimento aproximadamente três vezes superior ao sem inoculação. Esse padrão a classifica como “muito dependente com alta responsividade”, com um Valor T² elevado entre todos os tratamentos inoculados (402-484mg kg⁻¹) (JANOS, 1988; SIQUEIRA & SAGGIN-JÚNIOR, 2001). A alta dependência micorrízica ficou caracterizada pelo benefício gerado pelo fungo em função das doses aplicadas e a responsividade da espécie se destacou pela diferença crescente entre o tratamento inoculado e o não inoculado de forma mais pontual no tratamento com a combinação. Essas características apontam para uma complementariedade ou especificidade funcional, que indicaria uma vantagem na maior riqueza de espécies de fungos micorrízicos presentes em um sistema. Esse padrão foi observado entre todas as espécies inoculadas, apresentando uma variação nas respostas entre os tratamentos inoculados com as espécies individuais ou na mistura (MAHERALI & KLIORONOMOS, 2007; JANSÁ et al., 2007). De fato, estudos comprovam que maior riqueza e complementariedade estão relacionados à maior produtividade de comunidades vegetais (CARNEIRO, et al., 2012, SANTOS et al., 2013).

A espécie *Bauhinia forficata* não respondeu à inoculação, mesmo tendo as raízes colonizadas pelos FMAs. A colonização chegou a 61% no tratamento *D. heterogama* com aplicação de 71mgkg⁻¹ de P (DH71), porém não refletiu em ganhos de biomassa ou nutricionais. O aumento na dose de P do solo não interferiu na colonização, conforme demonstrado pelos valores equivalentes de colonização observado nas diferentes doses crescentes de fósforo aplicada. Esse padrão indica que a dose de P aplicada não está regulando a formação da simbiose, sendo esta detectada nos tratamentos inoculados que receberam a maior dose em todas as espécies de fungos, exceto na *Gigaspora margarita*. Deste modo, a espécie *Bauhinia forficata* pode ser classificada como não dependente. Os resultados encontrados divergem dos obtidos pelos autores ZANGARO et al. (2002), os quais verificaram uma alta resposta da espécie à presença dos fungos micorrízicos em casa de vegetação, porém sem que fosse estimada a dependência micorrízica. Existem relatos sobre a ocorrência de fungos micorrízicos na espécie, porém sem que ocorra a promoção de crescimento (VANDRESEN et al., 2007). A importância do fungo micorrízico para uma espécie já é fundamentada e toda a existência de uma interdependência entre as partes no balanço por água, nutrientes e carbono. Entretanto, a funcionalidade ou benefício da simbiose para seu hospedeiro é imprevisível. A presença do simbionte micorrízico pode estar trazendo algum benefício à espécie, que não foi mensurado no presente trabalho. A ocorrência desses episódios torna maior a importância de estudos regionais sobre a eficiência da simbiose.

Entre as espécies estudadas somente a aroeira (*Schinus terebintifolius*) não apresentou resposta ao aumento da dose de P aplicada nas variáveis: altura, diâmetro e incremento de

biomassa total. As espécies *Bauhinia forficata* e *Pseudobombax grandiflorum* apresentaram uma relação entre o aumento da dose de fósforo aplicada nas variáveis a altura, diâmetro, incremento de biomassa total e estado nutricional da planta, formando mudas de maior qualidade e robustez, indicando uma maior eficiência no uso do fósforo.

As espécies *Schinus terebintifolius* e *Pseudobombax grandiflorum* apresentaram resposta a interação entre o fungo e as doses de P aplicadas, no estado nutricional da espécie. Para a espécie *Bauhinia forficata*, os teores de nutrientes foram equivalentes entre os tratamentos inoculados e não inoculados. Essa capacidade da planta se nutrir sem a presença do fungo micorrízico deixa clara a independência dessa espécie florestal em relação ao mesmo.

A inoculação foi eficiente para duas espécies florestais das três estudadas. Nas condições de campo, normalmente a recomendação de uso seria a mistura dos fungos para a espécie *Schinus terebintifolius* e para a espécie *P. grandiflorum* o fungo *Dentiscutata heterogama*, todos sem aplicação de fósforo, sendo esses recomendados para produção de mudas. A resposta em doses menores de fósforo destaca uma maior importância na redução de custos com a adubação. No entanto, com a aplicação de diferentes doses de P ou em solos com níveis elevados desse nutriente, a eficiência desses tratamentos diminuiu, sendo necessária a mudança no tratamento aplicado. A partir disso, faz-se necessárias observações mais detalhadas sobre a interação fungo-planta em diferentes cenários.

Um ponto importante a ser destacado é o benefício que a inoculação conjunta pode fornecer, conseqüentemente, por aumentar a redundância funcional, como pode ser observado nas respostas das espécies *S. terebintifolius* e *P. grandiflorum* à inoculação (JANSA et al., 2007).

Os estudos sobre interação fungo-planta precisam levar em consideração a inoculação com diferentes espécies de fungos micorrízicos, pois, para não se subestimar a resposta e a dependência da espécie vegetal em questão. A existência de respostas diferenciadas em função da modificação da espécie de fungo indica a necessidade de um estudo amplo sobre essa resposta. Resultados que confirmam essa importância foram desenvolvidos por OLIVEIRA JÚNIOR et al. (2017). No trabalho em questão, a resposta de *A. leiocarpa* variou em função do aumento nas doses de P e com a espécie de fungo inoculada (separadas ou em conjunto), demonstrando que a avaliação da dependência micorrízica utilizando apenas um fungo poderia acarretar em conclusões equivocadas. Essa variação de respostas da planta já foi anteriormente observada, utilizando várias espécies florestais em interação com uma única espécie de fungo micorrízico (SIQUEIRA & SAGGIN JÚNIOR, 2001).

A relação fungo-planta ainda possui algumas variáveis não estudadas. Existe na literatura a hipótese de uma relação variável entre os benefícios gerados pelo fungo ao seu hospedeiro e em contrapartida à captação de fotoassimilados pela espécie de fungo (SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA, 1995). No trabalho desenvolvido por LEKBERG & WALLER (2016), os autores sugerem uma menor importância da espécie vegetal para o estabelecimento de uma comunidade de fungos e ressaltam a relevância de outras características tais como: as condições ambientais, interações entre espécies de fungos ou sua distribuição aleatória na natureza.

A dinâmica da comunidade vegetal é impulsionada pela competição de recursos ou pela partilha desses recursos. A composição da comunidade microbiana é extremamente importante para o estabelecimento de uma comunidade vegetal sustentável. Este processo baseia-se na observação bem estabelecida na literatura e no presente trabalho de que as espécies vegetais podem diferir na sua resposta a espécies de microrganismos inoculadas individualmente, tanto em efeitos negativos como em positivos, em espécies individuais de

patógenos do solo ou em simbioses radiculares. Com isso, qualquer modificação na composição da comunidade microbiana pode ocasionar efeitos diretos sobre a biodiversidade vegetal no ambiente (VAN DER HEIDJEN et al., 1998).

6.4. CONCLUSÕES

A espécie *Bauhinia forficata* não apresenta dependência micorrízica com os fungos utilizados sendo classificada como não dependente, por existir a formação da simbiose, mas não ser necessária sua formação para a plena absorção de fósforo pela espécie. Já as *Schinus terebintifolius* e *Pseudobombax grandiflorum* apresentam alta dependência micorrízica e sua resposta à inoculação foi dependente da espécie de fungo.

O tratamento que promoveu o melhor resultado para a espécie *Schinus terebintifolius*, foi a combinação fungo-dose com a combinação de fungos na dose de 213 mg kg⁻¹ de P.

A espécie *Pseudobombax grandiflorum* apresentou um melhor resultado com a combinação fungo-dose *Gigaspora margarita* e a dose 213 mg kg⁻¹ de P.

Os dados coletados indicam que fatores como a condição ambiental e a compatibilidade entre as espécies de fungos e o hospedeiro são variáveis e que podem gerar resultados distintos no desenvolvimento das espécies estudadas.

6.5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E.; OLIVEIRA, J.A. 2000. Determinação e uso do fósforo remanescente. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p. 27-32 (Boletim Informativo).
- BALOTA, E.L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N.M.C. 2011. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p. 166-175.
- BERRUTI, A.; LUMINI, E.; BALESTRINI, R.; BIANCIOTTO, V. 2016. Arbuscular Mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, n. 1559, p. 1-13.
- BERTRAND, H.; PLASSARD, C.; PINOCHET, X.; TOURAINÉ, B.; NORMAND, P.; CLEYET-MAREL, J.C. 2000. Stimulation of the ionic transport system in *Brassica napus* by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter* sp.). **Canadian Journal of Microbiology**. 46:229-236
- BEVER, J.D. 2002. Host-specificity of AM fungal population growth rates can generate feedback on plant growth. **Plant Soil**, v. 244, p. 281-290.
- CARNEIRO, R.F.V., CARDOZO-JÚNIOR, F.M.C., PEREIRA, L.F., ARAÚJO, A.S.F., SILVA, G.A. 2012. Fungos micorrízicos arbusculares como indicadores da recuperação de áreas degradadas no Nordeste do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**. v. 43. n. 4. p. 648-657.
- DIAS, P.C.; PEREIRA, M.S.F.; KASUYA, M.C.M.; PAIVA, H.N.; OLIVEIRA, L.S.; XAVIER, A. 2012. Micorriza arbuscular e rizóbios no enraizamento e nutrição de mudas de angico-vermelho. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1027-1037.
- FERREIRA, D.F. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67). **Lavras: DEX/UFLA**, 2003.
- GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v. 64, n. 3, p. 489-500, 1980.
- GIRI, B.; KAPOOR, R.; MUKERJI, K.G. 2007. Improved tolerance of *Acacia nilotica* to salt stress by arbuscular mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. **Microbial Ecology**, v. 54, n. 4, p. 753-760.
- GOETTEN, L.C.; MORETTO, G.; STÜRMER, S.L. 2016. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum produced on-farm and phosphorus on growth and nutrition of native woody plant species from Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 30, n. 1, p. 9-16.
- GRACE, C.; STRIBLEY, D.P. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, v. 95, p. 1160-1162, 1991.

HACKL, E.; SCHLOTTER, M.; SZUKICS, BODROSSY, L.; SESSITSCH, A. 2012. From single genes to microbial networks. In: WALL, D.H. **Soil ecology and ecosystem services**. Oxford: United Kingdom. p. 65-81.

VAN DER HEIJDEN M.G.A.; KLIRONOMOS, J.N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF, E.R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. 1998. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. London: **Nature**. 396: 69-72.

HETRICK, B.A.D.; WILSON, G.W.T.; TODD, T.C. 1996. Mycorrhizal responses in wheat cultivars: relationship to phosphorus. **Canadian Journal of Botany**, v. 74, p. 19-25.

JANOS, D.P. 1988. Mycorrhiza applications in tropical forestry: are temperate-zone approaches appropriate? In: NG, F.S.P. (Ed.). **Trees and mycorrhiza**. Kuala Lumpur: Forest Research Institute. p.133-188.

JANOS, D.P. 2007. Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. **Mycorrhiza**, v. 17, n. 2, p. 75-91.

JANSA, J.; SMITH, F.A.; SMITH, S.E. 2007. Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhizal fungi? **New Phytologist**. 177: 779-789.

KOIDE, R.T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist**, v. 117, p. 365-386.

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, v. 92, p. 486-488, 1989.

LEKBERG, Y., WALLER, L.P., 2016. What drives differences in arbuscular mycorrhizal fungal communities among plant species? **Fungal Ecology**. v 24, p: 135-138.

LORENZI, H. 2000. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3ª ed. São Paulo, Plantarum Ltda, v. 1. 352 p.

MAHERALI, H.; KLIRONOMOS, J.N. 2007. Influence of phylogeny on fungal community assembly and ecosystem functioning. **Science**. 316: 1746-1748.

NEWMAN, E.I. A method of estimating the total length of root in a sample. **Journal of Applied Ecology**, v. 3, n. 2, p.139-145, 1966.

NOVAIS, C.B.; BORGES, W.L.; JESUS, E.C.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O. 2014. Inter- and intraspecific functional variability of tropical arbuscular mycorrhizal fungi isolates colonizing corn plants. **Applied Soil Ecology**, 76: 78-86.

OLIVEIRA JÚNIOR, J.Q.; JESUS, E.C.; PEREIRA, M.G.; CAMARA, R.; FONSECA JÚNIOR, A.M.F.; SOUZA, A.C.O. 2017. Dependency and Response of *Apuleia leiocarpa* to Inoculation with Different Species of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. 41:e0160174.

PASQUALINI, D.; UHLMANN, A.; STÜRMER, S.L. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungal communities influence growth and phosphorus concentration of woody plants species from the Atlantic rain forest in South Brazil. **Forest Ecology and Management** 245:148–155.

POPE, P.E.; CHANEY, W.R.; RHODES, J.D.; WOODHEAD, S. H. 1983. The mycorrhizal dependency of four hardwood tree species. **Canadian Journal of Botany**, 61, 412-417.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O.; SANTOS, J.G.D. 2006. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 413-424.

QIANGSHENG, W.; RENXUE, X.; ZHENGJIA, H. 2006. Effect of arbuscular mycorrhiza on the drought tolerance of *Poncirus trifoliata* seedlings. **Frontiers of Forestry in China**, v. 1, n. 1, p. 100-104.

ROCHA, F.S.; SAGGIN JUNIOR, O.; SILVA, E.M.R.; LIMA, W.L. 2006. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.77-84.

ROCHA, F.S. Revegetação de áreas degradadas no entorno da Mata Atlântica com leguminosas arbóreas; estudo de espaçamento, consórcio com espécies de madeira nobre e resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. 2004; 80f; Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo)) - **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. 2005. Micorriza arbuscular – papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. (organizadores). Processos biológicos do sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável. 1 ed. Brasília: **Embrapa Agrobiologia, Embrapa Informação Tecnológica**. p. 101-149.

SANTOS, R.S., SCORIZA, R.N., FERREIRA, J.N. Fungos Micorrízicos Arbusculares em diferentes coberturas florestais em Vitória da Conquista, Bahia. **Floresta e Ambiente**. vol.20 no.3. 2013

SANTOS, G. L. Efeito da pedofoma no processo de sucessão secundária em fragmentos florestais na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 130 f.: il. 2014.

SILVA, G.A.; SIQUEIRA, J.O.; STÜRMER, S.L. 2009. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos sob diferentes sistemas de uso na região do Alto Solimões na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p.477-488.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN JÚNIOR, O.J. 2001. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza**, v. 11: 245-255.

TEDESCO, M. J; GIANELLO, C; BISSANI, CA. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. Ed. Porto Alegre: **Departamento de Solos**, UFRGS, 1995, 188p.

VANDRESEN, J.; NISHIDATE, F.R.; TOREZA, J.M.D.; ZANGARO, W. 2007. Inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e adubação na formação e pós-transplante de mudas de cinco espécies arbóreas nativas do sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v.21(4), p. 753-765.

WEHNER, J.; ANTUNES, P.M.; POWELL, J.R.; CARUSO, T.; RILLIG, M.C. 2011. Indigenous arbuscular mycorrhizal fungal assemblages protect grassland host plants from pathogens. **Plos One**, v. 6, n. 11:e27381. Doi:10.1371/journal.pone.002738.

ZANGARO, W.; ANSANELO, A.P.; LESCANO, L.E.A.M.; ALVES, R.A.; RONDINA, A.B.L.; NOGUEIRA, M.A.N. 2012. Infection intensity, spore density and inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi decrease during secondary succession in tropical Brazilian ecosystems. **Journal of Tropical Ecology**, v. 28, p. 453-462.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. 2003. Mycorrhizal response and successional status in 80 woody species from south Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 315-324.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; DOMINGOS, J.C.B.; NAKANO, E.M. 2002. Micorriza Arbuscular em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, v. 8, p. 077-087.

CAPÍTULO III

CRESCIMENTO DE ESPÉCIES FLORESTAIS INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

RESUMO

A utilização de ferramentas biotecnológicas tem crescido, na busca por mecanismos mais sustentáveis de recuperação de áreas degradadas. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de mudas micorrizadas de espécies florestais nativas da Mata Atlântica, a resposta à inoculação das espécies imbiruçu e garapá com a inoculação de uma combinação de espécies de fungos micorrízicos arbusculares e testar os diferentes tipos de substrato e a sua influência combinada ao emprego dos fungos micorrízicos. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação com delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2 (seis fontes de substratos e dois níveis de inoculação), totalizando 12 tratamentos com seis repetições. As espécies apresentaram padrões similares de resposta. Os melhores resultados foram obtidos utilizando as composições que continham esterco bovino e as maiores proporções de Cambissolo e Biomix. Esse padrão, provavelmente se deve aos fatores físicos e químicos (pH, dose ideal de fósforo e teor de nitrogênio) do solo oferecidas pelos diferentes substratos, o que configura a formação de cenário ideal para o melhor desenvolvimento da espécie e o benefício da micorriza. Concluindo, assim, que os melhores tratamentos para o crescimento da espécie *P. grandiflorum* foram os tratamentos 4 (amostra de terra de horizonte superficial de um Cambissolo (80%) + (20%) Biomix + I) e 12 (Solo + fósforo+I(o sinal + indica inoculação com FMA))). Para a espécie *Apuleia leiocarpa* foram os tratamentos 4 (80 % solo + 20% Biomix - I), 10 (70% solo + 30% esterco - I) e 12 (solo + fósforo +I).

Palavras chave: Inoculação micorrízica, simbiose, produção de mudas inoculadas.

ABSTRACT

The use of biotechnological tools has been increasing, in the search for more sustainable mechanisms of recovery of degraded areas. The objective of the present study was to evaluate the production of mycorrhizal seedlings of native forest species of the Atlantic Forest, the response to inoculation of the imbiruçu and garapá species with the inoculation of a combination of arbuscular mycorrhizal fungi species and to test different types of substrate and their combined influence on the use of mycorrhizal fungi. The experiments were conducted in a greenhouse with a completely randomized design, in a 6 x 2 factorial scheme (six substrate sources and two inoculation levels), totaling 12 treatments with six replicates. The species presented similar patterns of response. The best results were obtained using compositions containing bovine manure and the highest proportions of Cambisol and Biomix. This pattern is probably due to the physical and chemical factors (pH, ideal dose of phosphorus and nitrogen content) of the soil offered by the different substrates, which constitutes the ideal scenario for the best development of the species and the benefit of mycorrhiza. Thus, the best treatments for the growth of *P. grandiflorum* were treatments 4 (surface soil sample of a Cambisol (80%) + (20%) Biomix + I) and 12 (Solo + phosphorus + I (the + sign indicates FMA inoculation)). For *Apuleia leiocarpa*, treatments were 4 (80% soil + 20% Biomix - I), 10 (70% soil + 30% manure - I) and 12 (soil + phosphorus + I).

Key words: Mycorrhizal inoculation, symbiosis, production of inoculated seedlings.

7. INTRODUÇÃO

Em projetos de recuperação de áreas degradadas, os fungos micorrízicos atuam contribuindo com a melhoria da agregação do solo através da produção de uma glicoproteína denominada glomalina, que favorece a união das partículas, até no aumento do crescimento vegetativo e conseqüentemente na promoção de melhores condições para as espécies competirem por recursos ambientais (SILVA et al, 2012).

Os fungos micorrízicos atuam como uma extensão das raízes, compartilhando todos os recursos (água e minerais) absorvidos pelas hifas fúngicas, em lugares em que as raízes das plantas não atingem (MARTINS et al., 2017). Assim, torna-se cada vez mais importante a compreensão da diversidade micorrízica (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2017). Todas essas habilidades, entre outras, fazem do fungo micorrízico uma excelente ferramenta para produção de mudas a serem utilizadas em plantios florestais. Além disso, no ambiente degradado, os fungos micorrízicos atuam como indicadores biológicos, sendo sensíveis às modificações no ambiente e apresentando correlação positiva com a biodiversidade de espécies vegetais (SCORIZA et al., 2016).

A micorriza tem sido definida na ciência como uma simbiose comum dentro do reino vegetal, por sua grande ocorrência na natureza e por seus grandes benefícios a seu hospedeiro (THIRKELL et al., 2016). Essa associação possui um papel importante na aquisição de nutrientes, em especial de elementos de baixa mobilidade, como o fósforo (GOETTEN et al., 2016). De fato, as mudas micorrizadas apresentam boas condições de crescimento e nutrição e as plantas colonizadas são mais resistentes a estresses bióticos e abióticos, na natureza (CHAER et al., 2011).

Na produção de mudas, o substrato tem importante papel no condicionamento das mudas para o seu melhor desenvolvimento, dentro de um aspecto nutricional e morfológico. Na interação entre o fungo micorrízico e seu hospedeiro, é necessário um substrato de qualidade para o melhor desenvolvimento da espécie e que conseqüentemente favoreça simbiose. A escolha da composição do substrato deve levar em consideração suas características físicas e químicas, ressaltando a importância na economia para produção de mudas. As características desse substrato devem ser benéficas e de composição uniforme. Para favorecer o desenvolvimento da muda, o substrato deve apresentar características tais como: baixa densidade, alta porosidade, capacidade de retenção de água, capacidade de troca catiônica, ser isento de pragas, organismos patogênicos e sementes de ervas daninhas (GONÇALVES, 1995).

Uma grande dificuldade é concluir um estudo sobre o melhor arranjo entre os componentes que farão parte do substrato. Pois este substrato será fonte de recursos para o pleno desenvolvimento da espécie e fator de interação com os microrganismos facilitadores (bactérias fixadoras de nitrogênio e os fungos micorrízicos arbusculares). Os FMAs mais competitivos, eficientes e adaptados ao solo/ substrato, ambiente, ao manejo e local de plantio devem ser priorizados na produção de mudas, devem ser previamente selecionados devido a variação existente de resposta entre FMA x Espécies florestais. (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2017; BRITO et al., 2017).

Dessa maneira, o trabalho testou a hipótese que a alteração da composição dos substratos influencia de forma distinta a qualidade de mudas de espécies florestais inoculadas com fungos micorrízicos. Com isso, o objetivo desse estudo foi avaliar o potencial para produção de mudas micorrizadas das espécies imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) e garapá (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr) nativas da Mata Atlântica, e

testar os diferentes tipos de substrato e a sua influência combinada ao emprego dos fungos micorrízicos.

7.1. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foram conduzidos dois experimentos em condição de casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 6x2 (seis substratos e dois níveis de inoculação (inoculado e não inoculado).), totalizando 12 tratamentos com seis repetições.

O inóculo utilizado foi constituído da combinação de três espécies de fungos micorrízicos. As espécies de fungos foram: *Dentiscutata heterogama* (DHET A2 - CNPAB002) com 17 esporos g^{-1} , *Gigaspora margarita* (GMAR A1 - CNPAB001) com 35 esporos g^{-1} e *Rhizophagus clarus* (RCLA A5 – CNPAB005) com 26 esporos g^{-1} . Com o intuito de uniformizar os tratamentos quanto aos demais componentes da microbiota do inóculo, adicionou-se 10 mL de um filtrado isento de propágulos de FMA, obtido a partir dos inóculos das três espécies de FMA, em todos os recipientes. Na inoculação, cada recipiente dos tratamentos inoculados recebeu 1 g de um inóculo constituído por solo e raízes com propágulos de FMAs. Os substratos utilizados no experimento estão listados na tabela abaixo (Tabela 13).

Tabela 13. Lista dos tratamentos utilizados no experimento.

Tratamento	Cambissolo (Horiz A)	Substrato Biomix	Areia	Vermiculita	Esterco	FMA
1	80	20	-	-	-	Não
2	80	20	-	-	-	Sim
3	60	40	-	-	-	Não
4	60	40	-	-	-	Sim
5	60	10	10	20	-	Não
6	60	10	10	20	-	Sim
7	50	30	10	10	-	Não
8	50	30	10	10	-	Sim
9*	70	-	-	-	30	Não
10*	70	-	-	-	30	Sim
11**	100	-	-	-	-	Não
12**	100	-	-	-	-	Sim

*Com adubação a base de solução nutritiva sem P. O P adicionado ao substrato como feito no experimento anterior, na dose que deu o melhor desempenho.

**Com 200g de K_2O , 500g de calcário dolomítico e 200g de FTE por m^3 de substrato

O substrato 6 (sem Biomix) é resultado de uma análise prévia de dependência micorrízica das espécies, contendo somente solo e dose de fósforo com maior resposta no teste (Tabela 14).

Tabela 14. Análise química dos substratos utilizados nos experimentos com as espécies *P. grandiflorum* e *A.leiocarpa*.

Subst	pH em H ₂ O	Ca	Mg	Al	P	K	N	S	T	V
		cmol _c dm ⁻³			mg kg ⁻¹			(%)	cmol _c dm ⁻³	
CBAV.6:1:2:1	7,08	3,03	12,11	0	14,35	35,41	0,11	15,23	16,34	93
CB.8:2	6,32	7,96	0,92	0	57,81	43,69	0,14	8,99	11,38	79
CBAV.5:3:1:1	7,13	9,75	2,79	0	95,46	22,71	0,17	12,6	13,72	92
CB.6:4	6,81	11,17	2,19	0	83,46	77,48	0,17	13,56	15,99	85
CE.7:3	6,61	5,82	1,97	0	89,39	84,56	0,31	8,01	10,34	78
Camb+P	5,26	1,75	0,48	0,3	401,86	161,64	0,11	2,64	7,14	37

Subst- Substratos. S- Soma das bases, resultante da soma de Ca, Mg e K. T- Cálculo da CTC a pH 7,0; T = S + (H + Al). V- Cálculo da percentagem de saturação por bases; V% = (100 x S) / T. C.B.A.V.6:1:2:1- Cambissolo Háplico (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita, C.B.8:2- Cambissolo Háplico (80%) + (20%) Biomix®, C.B.A.V.5:3:1:1 - Cambissolo Háplico (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita. C.B.6:4- Cambissolo Háplico (60%) + (40%) Biomix®, C.E.NI.7:3- Cambissolo (70%)+(30%) Esterco (Bovino), Camb+P – Cambissolo Háplico + fósforo aplicado (100%).

Os substratos foram analisados quimicamente antes da montagem do experimento, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). O substrato 6 (sem Biomix) é resultado de uma análise prévia de dependência micorrízica das espécies, contendo somente solo e dose de fósforo com maior resposta no teste (Tabela 14).

Os recipientes utilizados foram construídos através da união de um tubete plástico (280 mL) e um copo descartável plástico (700 mL), preenchidos com aproximadamente 1 kg de substrato (ROCHA, 2004).

As sementes de *Apuleia leiocarpa* (garapá) passaram por um processo de quebra de dormência, com escarificação química por 15 minutos, em ácido sulfúrico concentrado. As sementes de *Apuleia leiocarpa* e *Pseudobombax grandiflorum* foram desinfestadas superficialmente com H₂O₂ 30 %, por 2 min e germinadas em placas de petri com papel filtro e algodão no interior de câmara germinadora do tipo BOD (Biological Oxygen Demand) sob luz constante e a temperatura de 28 °C, por 5 dias, até alcançar 1cm de radícula. As sementes foram obtidas no viveiro Fazenda Modelo da prefeitura municipal do Rio de Janeiro, localizado em Guaratiba.

As plantas foram irrigadas diariamente por um sistema de aspersão, com o objetivo de manter a umidade dos recipientes próxima a 70 % da capacidade de campo. O experimento com a espécie imbiruçu (*Pseudobombax grandiflorum*) teve duração de 124 dias de duração e o outro com a espécie garapá (*Apuleia leiocarpa*) teve duração de 118 dias.

Após a coleta, as mudas foram divididas em parte aérea e raiz. Em três das repetições foram separadas meio grama de raízes finas para seu posterior clareamento e coloração (KOSKE & GEMMA, 1989), para a avaliação da taxa de colonização dos fungos foi avaliada pelo método da interseção em placa quadriculada, de GIOVANNETTI & MOSSE (1980).

As outras três repetições dos tratamentos foram secas em estufa com circulação forçada de ar (65°C, 72 h) e pesadas para determinação da massa seca de raiz (MSR). Para a massa seca da parte aérea (MSPA), foram utilizadas todas as seis repetições. Posteriormente, a parte aérea das plantas foi triturada e submetida à digestão sulfúrica, para a determinação de N, P e K. Os teores de P foram determinados por colorimetria, os de K por fotometria de chama (TEDESCO et al., 1995), e os de N pelo método de Kjeldahl modificado (TEDESCO et al.,1995).

As variáveis avaliadas foram: massa seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR), altura (H) (régua graduada), diâmetro do coleto (D)(paquímetro digital) e taxa de colonização micorrízica. A altura das mudas foi mensurada a partir do coleto até o meristema apical da parte aérea. As variáveis altura e diâmetro eram avaliadas a cada 21 dias. Os seguintes índices foram determinados para avaliar a qualidade das mudas: H/D(Altura/Diâmetro), H/MSPA (Altura/Massa Seca da Parte Aérea), MSPA/MSR (Massa Seca da Parte Aérea/Massa Seca da Raiz) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960).

Todos os dados foram transformados (Box-Cox), para atingir a normalidade e homogeneidade, e submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas através do agrupamento de médias Scott Knott a 5 % de significância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Sisvar. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada para as diferentes variáveis e baseada na matriz de correlação dessas variáveis, as análises foram realizadas com programas R (pacotes Vegan e Estatísticas) (KINDT & COE, 2005). Empregou-se na análise de PCA apenas os dois primeiros eixos, considerados como eficientes para explicar os dados e pela facilidade de interpretação de um gráfico em duas dimensões.

7.2. RESULTADOS

Resposta das espécies a inoculação

As espécies *P. grandiflorum* e *A. leiocarpa* apresentaram significância em todos os fatores individuais e combinados ao nível de 5 % de probabilidade, para as variáveis testadas (Tabelas 14 e 15). Indicando que tanto os diferentes substratos como os fungos micorrízicos foram importantes para o crescimento das espécies, de forma isolada e combinados.

Houve um ganho de Massa Total de 300% para a espécie *P. grandiflorum* entre os tratamentos 11 e 12. Para a espécie *A. leiocarpa* para os tratamentos 11 e 12, o ganho de massa foi de aproximadamente 400%. O tratamento que apresentou o melhor desenvolvimento para a espécie *P. grandiflorum* foi o 4, que recebeu 20% de Biomix. Da mesma forma, a espécie *A. leiocarpa*, apresenta um destaque no incremento observado através da análise do tratamento 12 e 4.

A inoculação favoreceu os melhores incrementos de massa seca da parte aérea (MSPA) e da Massa Total (MST) nas espécies estudadas, entre todos os tratamentos. A taxa de colonização entre todos os tratamentos inoculados variou de 24% no tratamento 12(Solo + P) a 11% no tratamento 10(Solo + Esterco), considerando a variação na colonização uma resposta às doses mais alta e mais baixa de fósforo aplicado para a espécie *P. grandiflorum* (Tabela 14). Para a espécie *A. leiocarpa*, a taxa de colonização variou de 33% no tratamento 12 (Solo + P) a 18% no tratamento 10 (Solo + Esterco). (Tabela 15).

Através da análise da Tabela 14 são apresentados os dados referentes à altura das mudas, observou-se que, para a espécie *P. grandiflorum* os maiores incrementos em altura ocorreram para os tratamentos: 10 e 9 (solo + esterco) e 4 (80% solo + 20% Biomix), respectivamente. A espécie *A. leiocarpa* apresentou o melhor desenvolvimento em altura nos tratamentos 3 e 4(80 % solo + 20% Biomix), 11 e 12 (solo + fósforo) (Tabela 15).

O diâmetro apresentou a melhor resposta nos tratamentos 9 e 10 (solo + esterco), sem e com inoculação, para a espécie *P. grandiflorum* (Tabela 15). A espécie *A. leiocarpa* não apresentou diferença entre os tratamentos para essa variável (Tabela 15).

Tabela 15. Efeito da inoculação dos fungos micorrízicos no crescimento da espécie *P. grandiflorum* em diferentes substratos. Aos 124 dias após o plantio. Médias de 6 repetições

Tratamentos	MSR	MSPA (g)	Massa total (g)	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Micorrização (%)
1-C.B.A.V.-I.6:1:2:1	0,48 c	0,67 c	1,15 c	5,09 c	8,35 c	
2-C.B.A.V.+I.6:1:2:1	0,64 c	0,91 b	1,55 b	5,06 c	7,33 c	18 a
3-C.B.-I.8:2	0,57 c	0,63 c	1,20 c	6,47 b	9,70 c	
4-C.B.+I.8:2	1,31 a	1,31 a	2,62 a	6,85 b	11,03 b	20 a
5-C.B.A.V.-I.5:3:1:1	0,42 c	0,59 c	1,01 c	5,01 c	7,86 c	
6-C.B.A.V.+I.5:3:1:1	0,51 c	0,84 b	1,35 c	4,92 c	7,34 c	17 a
7-C.B.-I.6:4	0,56 c	0,8 b	1,36 c	3,95 c	6,21 c	
8-C.B.+I.6:4	0,88 b	0,93 b	1,81 b	4,77 c	7,51 c	13 b
9-C.E.-I.7:3	0,11 d	0,52 d	0,63 d	7,56 a	13,72 a	
10-C.E.+I.7:3	0,85 b	0,78 b	1,63 b	8,27 a	14,83 a	11 b
11-Camb+P.-I	0,26 d	0,38 d	0,64 d	6,04 b	10,38 b	
12-Camb+P.+I	0,71 c	1,23 a	1,94 b	6,41 b	10,63 b	24 a
Teste F (substrato)	0	0	0			
Fungo	0	0	0			
Interação	0,01	0,02	0,02			
CV(%)	50,64	19,24	26,3	15,34	20,33	21,77

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo agrupamento Scott Knott ($p = 0,05$). C.B.A.V.NI.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, C.B.A.V.I.6:1:2:1- Cambissolo Háptico (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, C.B.NI.8:2- Cambissolo Háptico (80%) + (20%) Biomix[®]-sem micorriza, C.B.I.8:2- Cambissolo Háptico (80%) + (20%) Biomix[®]-com micorriza, C.B.A.V.NI.5:3:1:1 - Cambissolo Háptico (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem micorriza, C.B.A.V.I.5:3:1:1- Cambissolo Háptico (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, C.B.NI.6:4- Cambissolo Háptico (60%) + (40%) Biomix[®]- sem micorriza, C.B.I.6:4- Cambissolo Háptico (60%) + (40%) Biomix[®]- com micorriza, C.E.NI.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, C.E.I.7:3- Cambissolo Háptico (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, Camb+P.NI - Cambissolo Háptico (100%)- sem micorriza e Camb+P.I – Cambissolo Háptico + fósforo aplicado (100%)- com micorriza

Tabela 16. Efeito da inoculação dos fungos micorrízicos no crescimento da espécie *Apuleia leiocarpa* em diferentes substratos, aos 118 dias após o plantio. Médias de 6 repetições

Tratamentos	MSR	MSPA	Massa			
			total	Diâmetro	Altura	Micorriza
		(g)	(mm)	(cm)	(%)	
1-C.B.A.V.-I.6:1:2:1	0,23 c	0,33 c	0,57 b	1,39 a	7,01 b	
2-C.B.A.V.+I.6:1:2:1	0,26 b	0,26 c	0,52 c	1,32 a	7,15 b	24 b
3-C.B.-I.8:2	0,16 d	0,27 b	0,43 d	1,37 a	9,48 a	
4-C.B.+I.8:2	0,22 c	0,66 a	0,88 a	1,58 a	11,36 a	36 a
5-C.B.A.V.-I.5:3:1:1	0,22 c	0,39 b	0,61 b	1,30 a	6,35 b	
6-C.B.A.V.+I.5:3:1:1	0,31 b	0,43 a	0,75 b	1,26 a	6,46 b	25 b
7-C.B.-I.6:4	0,15 c	0,33 c	0,48 d	1,29 a	5,15 b	
8-C.B.+I.6:4	0,28 b	0,47 b	0,75 b	1,31 a	6,41 b	21 b
9-C.E.-I.7:3	0,14 d	0,23 c	0,37 d	1,36 a	6,76 b	
10-C.E.+I.7:3	0,23 c	0,68 a	0,91 a	1,40 a	6,78 b	18 b
11-Camb+P.-I	0,09 d	0,15 d	0,24 d	1,30 a	9,56 a	
12-Camb+P.+I	0,45 a	0,58 a	1,03 a	1,53 a	10,16 a	33 a
Teste F(substrato)	0,35	0	0,002			
Fungo	0	0	0			
Interação	0	0,16	0			
CV	39,16	41,07	36,33	14,29	21,88	24,15

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo agrupamento Scott Knott ($p = 0,05$). C.B.A.V.NI.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, C.B.A.V.I.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, C.B.NI.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix[®]-sem micorriza, C.B.I.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix[®]-com micorriza, C.B.A.V.NI.5:3:1:1 - Cambissolo (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem micorriza, C.B.A.V.I.5:3:1:1- Cambissolo (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, C.B.NI.6:4-Cambissolo (60%) + (40%) Biomix[®]- sem micorriza, C.B.I.6:4- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix[®]- com micorriza, C.E.NI.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, C.E.I.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, Camb+P.NI - Cambissolo (100%)- sem micorriza e Camb+P.I – Cambissolo + fósforo aplicado (100%)- com micorriza

Para a espécie *P. grandiflorum*, não se verificou diferença entre os tratamentos para o índice H/D (Altura/Diâmetro), o que indica um equilíbrio no desenvolvimento das mudas (Tabela 16). A espécie *A. leiocarpa* apresentou diferença entre os tratamentos 3, 4 (6,92 e 7,19), 11 e 12 (7,35 e 6,64).

O índice H/MSPA foi maior na espécie *P. grandiflorum* no tratamento 9 (26,46) (Tabela 16). A espécie *A. leiocarpa* apresentou um maior valor para o tratamento 11(63,73) (Tabela 17)

O índice MSPA/MSR para a espécie *P. grandiflorum* obteve o valor mais elevado no tratamento 9 (solo+esterco - I), com um valor aproximadamente 4 vezes superior aos demais tratamentos, indicando uma alteração no equilíbrio no desenvolvimento da espécie, com crescimento maior da parte aérea, induzido pelo substrato (Tabela 16). A espécie *A. leiocarpa* apresentou alterações em seu desenvolvimento no tratamento 4 (80 % solo + 20% Biomix+I) com valor 3 vezes superior ao menor valor do índice encontrado no tratamento 2 (60 % solo + 10% Biomix + 20% areia + 10% vermiculita) (Tabela 17).

Os melhores resultados para o índice de Dickson para a espécie *P. grandiflorum* foram verificados nos tratamentos 4 (1,01) e 8 (0,69) (Tabela 16). Para a espécie *A. leiocarpa* os

melhores resultados foram verificados nos tratamentos 6, 10 e 12 (0,12, 0,12 e 0,13), respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17. Índice de qualidade das mudas de *P. grandiflorum* produzidas em diferentes substratos, aos 124 dias após o plantio. Médias de 6 repetições

Tratamentos	Índices			
	H/D	H/MSPA	MSPA/MSR	IQD
1-C.B.A.V.-I.6:1:2:1	1,64 a	12,39 c	1,40 b	0,38 c
2-C.B.A.V.+I.6:1:2:1	1,45 a	8,09 d	1,41 b	0,54 c
3-C.B.-I.8:2	1,50 a	15,34 b	1,12 b	0,46 c
4-C.B.+I.8:2	1,61 a	8,44 d	0,99 b	1,01 a
5-C.B.A.V.-I.5:3:1:1	1,57 a	13,32 c	1,42 b	0,34 c
6-C.B.A.V.+I.5:3:1:1	1,49 a	8,76 d	1,65 b	0,43 c
7-C.B.-I.6:4	1,72 a	12,91 c	1,43 b	0,43 c
8-C.B.+I.6:4	1,57 a	8,04 d	1,06 b	0,69 b
9-C.E.-I.7:3	1,81 a	26,46 a	4,56 a	0,10 d
10-C.E.+I.7:3	1,79 a	19,09 b	0,91 b	0,60 b
11-Camb+P.-I	1,57 a	16,16 b	1,48 b	0,21 d
12-Camb+P.+I	1,66 a	8,65 d	1,73 b	0,57 b
CV(%)	6,84	40,54	57,89	46,63

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo agrupamento Scott Knott ($p = 0,05$). C.B.A.V.NI.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, C.B.A.V.I.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix[®] + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, C.B.NI.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix[®]-sem micorriza, C.B.I.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix[®]-com micorriza, C.B.A.V.NI.5:3:1:1 - Cambissolo (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem micorriza, C.B.A.V.I.5:3:1:1- Cambissolo (50%) + (30%) Biomix[®]+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, C.B.NI.6:4-Cambissolo (60%) + (40%) Biomix[®]- sem micorriza, C.B.I.6:4- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix[®]- com micorriza, C.E.NI.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, C.E.I.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, Camb+P.NI - Cambissolo (100%)- sem micorriza e Camb+P.I – Cambissolo + fósforo aplicado (100%)- com micorriza

Tabela 18. Índice de qualidade das mudas de *A.leiocarpa* produzidas em diferentes substratos, aos 118 dias após o plantio. Médias de 6 repetições

Tratamentos	Índices			
	H/D	H/MSPA	MSPA/MSR	IQD
1-C.B.A.V.-I.6:1:2:1	5,04 b	21,24 b	1,43 b	0,09 b
2-C.B.A.V.+I.6:1:2:1	5,42 b	27,50 b	1,00 c	0,08 b
3-C.B.-I.8:2	6,92 a	35,11 b	1,69 b	0,05 c
4-C.B.+I.8:2	7,19 a	17,21 c	3,00 a	0,09 b
5-C.B.A.V.-I.5:3:1:1	4,88 b	16,28 c	1,77 b	0,09 b
6-C.B.A.V.+I.5:3:1:1	5,13 b	15,02 c	1,39 b	0,12 a
7-C.B.-I.6:4	3,99 b	15,61 c	2,20 b	0,08 b
8-C.B.+I.6:4	4,89 b	13,64 c	1,68 b	0,11 b
9-C.E.-I.7:3	4,97 b	29,39 b	1,64 b	0,06 c
10-C.E.+I.7:3	4,84 b	9,97 d	2,96 a	0,12 a
11-Camb+P.-I	7,35 a	63,73 a	1,67 b	0,03 c
12-Camb+P.+I	6,64 a	17,52 c	1,29 b	0,13 a
CV(%)	19,8	62,16	34,19	35,67

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo agrupamento Scott Knott ($p = 0,05$). C.B.A.V.NI.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, C.B.A.V.I.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, C.B.NI.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-sem micorriza, C.B.I.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-com micorriza, C.B.A.V.NI.5:3:1:1 - Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem micorriza, C.B.A.V.I.5:3:1:1- Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, C.B.NI.6:4-Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- sem micorriza, C.B.I.6:4- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- com micorriza, C.E.NI.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, C.E.I.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, Camb+P.NI - Cambissolo (100%)- sem micorriza e Camb+P.I – Cambissolo + fósforo aplicado (100%)- com micorriza

A análise mostra que duas componentes explicam 90,83% da variação total dos dados para a espécie *P.grandiflorum* (Figura 13) e 86,81% para a espécie *A.leiocarpa* (Figura 14).

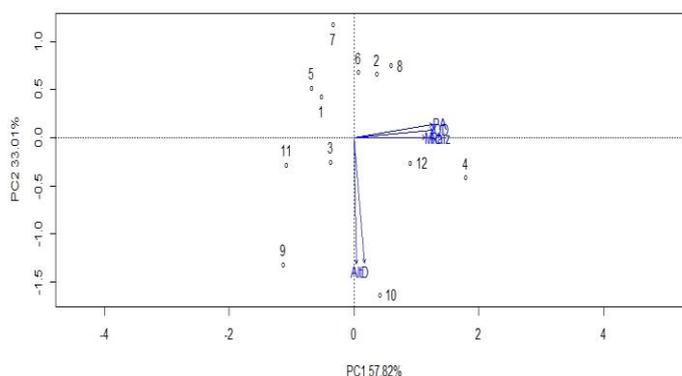


Figura 12. Análise de componentes principais das variáveis mensuradas em experimento com a espécie *P.grandiflorum*, discriminando tratamentos com e sem inoculação. Aos 124 dias após o plantio. (D) – Diâmetro. (Alt)- Altura. (PA)- Parte Aérea. (Raiz)- Raiz. (IQD)- Índice de qualidade de Dickson. (Mic)-Micorrização. Médias de 6 repetições. T1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, T2- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, T3- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-sem micorriza, T4 - Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-com micorriza, T5 - Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem

micorriza, T6- Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, T7- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- sem micorriza, T8- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- com micorriza, T9- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, T10- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – com micorriza, T11- Cambissolo (100%)- sem micorriza e T12- Amostra coletada do horizonte B do Cambissolo (100%)- com micorriza.

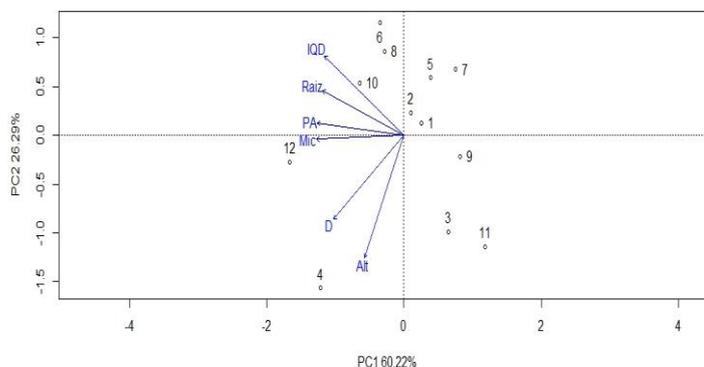


Figura 13. Análise de Componentes Principais das variáveis mensuradas em experimento com a espécie *A.leiocarpa*, discriminando tratamentos com e sem inoculação. Aos 118 dias após o plantio.

(D) – Diâmetro. (Alt)- Altura. (PA)- Parte Aérea. (Raiz)- Raiz. (IQD)- Índice de qualidade de Dickson. (Mic)- Micorrização. Médias de 6 repetições. T1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, T2- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, T3- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-sem micorriza, T4 - Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-com micorriza, T5 - Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem micorriza, T6- Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, T7- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- sem micorriza, T8- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- com micorriza, T9- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, T10- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – com micorriza, T11- Cambissolo (100%)- sem micorriza e T12- Amostra coletada do horizonte B do Cambissolo (100%)- com micorriza.

O teor de K (potássio) não foi influenciado pela inoculação dos fungos micorrizicos não sendo observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos em nenhuma das espécies.

Para o N (nitrogênio) verificou-se um resultado diferenciado para o tratamento 10 em ambas as espécies, tratamento esse que continha um teor mais elevado desse nutriente.

Em todos os tratamentos inoculados houve aumento nos valores de fósforo, com destaque para o tratamento 10, para ambas espécies estudadas (Tabela 18).

Tabela 19. Efeito da interação entre os substratos utilizados e os fungos micorrízicos no estado nutricional das espécies *P. grandiflorum* e *A. leiocarpa*, aos 124 e 118 dias após o plantio. Média de 6 repetições

Tratamentos	<i>P. grandiflorum</i>			<i>A. leiocarpa</i>		
	N (%)	P (%)	K (%)	N (%)	P (%)	K (%)
1-C.B.A.V.NI.6:1:2:1	0,42 b	0,19 b	0,69 a	0,32 b	0,09 b	0,58 a
2-C.B.A.V.I.6:1:2:1	0,58 b	0,23 a	0,91 a	0,47 b	0,09 b	0,80 a
3-C.B.NI.8:2	0,33 b	0,17 b	0,62 a	0,23 b	0,06 b	0,37 a
4-C.B.I.8:2	0,56 b	0,24 a	0,48 a	0,46 b	0,13 a	0,51 a
5-C.B.A.V.NI.5:3:1:1	0,39 b	0,15 b	0,64 a	0,29 b	0,07 b	0,53 a
6-C.B.A.V.I.5:3:1:1	0,51 b	0,25 a	0,55 a	0,41 b	0,13 a	0,44 a
7-C.B.NI.6:4	0,35 b	0,18 b	0,54 a	0,39 b	0,07 b	0,44 a
8-C.B.I.6:4	0,50 b	0,26 a	0,50 a	0,24 b	0,13 a	0,40 a
9-C.E.NI.7:3	0,46 b	0,14 b	0,56 a	0,35 b	0,04 b	0,45 a
10-C.E.I.7:3	0,91 a	0,31 a	0,86 a	0,69 a	0,14 a	0,75 a
11-Camb+P.NI	0,33 b	0,14 b	0,58 a	0,19 b	0,04 b	0,48 a
12-Camb+P.I	0,38 b	0,18 b	0,59 a	0,27 b	0,12 a	0,48 a
CV(%)	32,55	25,15	51,02	38,57	39,22	61,68

Valores médios seguidos de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa entre tratamentos pelo agrupamento Scott Knott ($p = 0,05$). C.B.A.V.NI.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – sem micorriza, C.B.A.V.I.6:1:2:1- Cambissolo (60%) + (10%) Biomix® + (10%) areia+ (20%)Vermiculita – com micorriza, C.B.NI.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-sem micorriza, C.B.I.8:2- Cambissolo (80%) + (20%) Biomix®-com micorriza, C.B.A.V.NI.5:3:1:1 - Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- sem micorriza, C.B.A.V.I.5:3:1:1- Cambissolo (50%) + (30%) Biomix®+ (10%) areia+ (10%)Vermiculita- com micorriza, C.B.NI.6:4-Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- sem micorriza, C.B.I.6:4- Cambissolo (60%) + (40%) Biomix®- com micorriza, C.E.NI.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, C.E.I.7:3- Cambissolo (70%) + (30%) Esterco (Bovino) – sem micorriza, Camb+P.NI - Cambissolo (100%)- sem micorriza e Camb+P.I – Cambissolo + fósforo aplicado (100%)- com micorriza

7.3. DISCUSSÃO

A taxa de colonização variou abaixo do esperado para a espécie *P.grandiflorum*, pois em trabalho anterior a espécie apresentou variação de 60% a 5% entre a dose mais baixa a mais alta de fósforo aplicada, para análise de dependência micorrizica (Dados não publicados). A variação entre os tratamentos da espécie *A.leiocarpa* foi de acordo a trabalho publicado pelos autores OLIVEIRA JÚNIOR et al (2017). Porém, o trabalho desenvolvido por LEGAY et al., (2016), verificou que a fertilização pode não ser o principal controlador, quando se altera as condições ambientais nativas da planta hospedeira. No entanto, cabe destacar que em algumas plantas as taxas de colonização consideradas baixas são eficientes para um bom desenvolvimento (KARANIKI et al., 2008).

Houve diferença entre as variáveis de crescimento. Para a altura, os tratamentos apresentaram maiores valores independentemente da colonização, em ambas as espécies. A altura é um parâmetro que expressa a alta relação com a qualidade das mudas, contudo, para maior significância, os dados devem ser analisados em conjunto com outros parâmetros como: diâmetro, massa seca, relação MSR/MSPA. Do mesmo modo, o diâmetro mensurado pode ser considerado como um parâmetro importante para estimar a sobrevivência em plantios, pois

pode caracterizar espécies em melhores condições nutricionais além de refletir um melhor desenvolvimento combinado com altura. (CALDEIRA et al, 2008; CABREIRA et al., 2017). Para a variável diâmetro, a espécie *P. grandiflorum* obteve melhor resposta nos tratamentos que continham (solo + esterco), o indica que um fator nutricional pode estar relacionado a maior atividade do meristema secundário da espécie.

Para a avaliação da qualidade das mudas, os resultados para o índice H/D indicam que os tratamentos promoveram um crescimento na altura e diâmetro da espécie significativo para *A.leiocarpa*. Esse desenvolvimento indica a formação de mudas de qualidade pelo intervalo dado no trabalho CALDEIRA et al. (2008), em que os autores recomendam valores menores que 10, assim todas as mudas estariam dentro do que se preconiza ideal. Porém, a relação entre altura e diâmetro do coleto varia em função da espécie, do tipo e proporção do substrato, do volume do recipiente, do manejo das mudas no viveiro e da idade em que a muda foi avaliada. Os valores obtidos para o índice H/MSPA retratam um cenário longe do ideal, com espécies pouco lignificadas e com um excessivo crescimento em altura em relação ao ganho de massa, onde quanto menor a relação, maior sua capacidade de sobrevivência no campo (GOMES et al., 2003). O índice MSPA/MSR apresentou resultados distintos entre as espécies, que indica a variação que pode ocorrer quando se considera a interação entre substrato x espécie x microrganismo. Os valores muito altos para esse parâmetro podem ser prejudiciais a muda, devido à tendência de desequilíbrio no crescimento e consequente em seu tombamento, além de possíveis problemas no que se refere à absorção de água para a parte aérea (GOMES et al., 2013).

Por fim, o índice de Dickson reflete a interação entre o desenvolvimento da espécie, a robustez e o equilíbrio na distribuição da biomassa. De forma que, quanto maior for o valor do IQD, melhore a qualidade da muda (DELARMELINA et al.,2013). Esse índice tem sido apontado na literatura como um índice variável, oscilando de acordo com as condições de crescimento e o manejo aplicado (CALDEIRA et al., 2008).

Em uma análise dos componentes principais, pode se observar nas Figuras 1 e 2 que a primeira componente representa uma combinação entre a inoculação e as variáveis de biomassa, e o segundo representa variáveis de crescimento. O grau de explicabilidade dos componentes está de acordo com o critério estabelecido por Sneath & Sokal (1973), que sugere que o número de CP (componentes principais) utilizado na interpretação deve explicar no mínimo 70% da variância total dos dados originais. Na figura 1, a primeira componente apresentou maior correlação com as variáveis de biomassa e as variáveis de crescimento maior correlação com a segunda componente, formando um ângulo reto entre o agrupamento das variáveis Biomassa x Crescimento. Houve também a formação de dois grupos na disposição dos pontos, onde os tratamentos inoculados ficaram no lado direito e os tratamentos não inoculados do lado esquerdo da figura, destacando os melhores tratamentos 4 e 12 para a espécie *P.grandiflorum*. Na figura 2 houve uma tendência de divisão dos tratamentos entre inoculados (lado esquerdo) e não inoculados (direito), com exceção do tratamento 2.

A importância da inoculação entre o desempenho das espécies ganha destaque, pois a micorriza apresenta peso na relação entre as variáveis para o melhor desenvolvimento e qualidade das espécies. Através das figuras é possível observar que as variáveis altura e diâmetro não possuem relação com a inoculação micorrizica na análise da espécie *P.grandiflorum* e apresentam uma relação fraca na avaliação da espécie *A.leiocarpa*. Essa variação indica a mudança na ecologia e nas exigências de cada espécie em seu desenvolvimento. No trabalho desenvolvido por TAVARES et al.(2016), os autores também observaram o grande benefício promovido pela inoculação com fungos micorrízicos no

crescimento e na qualidade das mudas, aumentando não só o desenvolvimento, mas a nutrição da espécie *Acacia mangium* Willd em condições não estéril para produção de mudas com espodossolos do Cerrado.

Os resultados encontrados através das análises feitas na planta, permitem concluir que a utilização do fungo micorrizico provoca benefícios ao estado nutricional das plantas em todos os tratamentos. Destacando o benefício da inoculação para a nutrição fosfatada (van DER HEIJDEN et al., 2016).

A combinação de solo e o esterco no tratamento 10 criou uma condição mais favorável para a absorção de nutrientes, principalmente do nitrogênio, em ambas espécies estudadas. Houve uma exceção: o tratamento 12. O esterco empregado pode gerar efeitos benéficos nas condições físicas do substrato, resultando em aumento da estabilidade de agregados e porosidade, em conjunto com melhora no fornecimento de nutrientes e retenção de umidade no substrato (MELLEK et al., 2010; OGBONNA et al., 2012). Esses atributos configuram uma condição mais favorável para o desenvolvimento da muda.

A adição de P não contribuiu para maior teor de P, nesse tratamento para a espécie *P. grandiflorum*. No caso da *A. leiocarpa*, ela não respondeu ao tratamento 2, a inoculação não promoveu aumento nas concentrações de fósforo. Os autores DIAS et al. (2012) avaliando o efeito da inoculação fungos micorrizicos e rizóbios sobre o crescimento e nutrição de diferentes progênies de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), verificaram que a coinoculação favoreceu uma melhor absorção de N e P pelas mudas, em comparação às não inoculadas, produzindo mudas de qualidade com menor custo.

Considerando os parâmetros avaliados como um todo, os melhores resultados foram obtidos utilizando as composições que continham esterco bovino e as maiores proporções de cambissolo e Biomix. Esse padrão, se deve aos fatores físicos e químicos (pH, dose ideal de fósforo e teor de nitrogênio, entre outras) do solo oferecidas pelos diferentes substratos, o que configura a formação de cenário ideal para o melhor desenvolvimento da espécie e o benefício da micorriza.

7.4. CONCLUSÃO

A presença do inóculo micorrízico promoveu melhor crescimento das espécies e a qualidade das mudas produzidas, em todos os tratamentos. Os substratos formulados apresentaram respostas satisfatórias no crescimento das espécies estudadas e a inoculação micorrízica. Os melhores tratamentos para o crescimento da espécie *P. grandiflorum* foram os tratamentos 4 (amostra de terra de horizonte superficial de um Cambissolo (80%) + (20%) Biomix) e 12 (Solo + fósforo), ambos foram inoculados. Os melhores tratamentos para o crescimento da espécie *Apuleia leiocarpa* foram os tratamentos 4 (80 % solo + 20% Biomix), 10 (70% solo + 30% esterco) e 12 (solo + fósforo), inoculados com fungos micorrizicos.

7.5. REFERÊNCIAS

- BRITO, V.N.; TELLECHEA, F.R.F.; HEITOR, L.C.; FREITAS, M.S.M.; MARTINS, M.A. Fungos Micorrízicos Arbusculares e Adubação Fosfatada na produção de mudas de Paricá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 485-497, 2017.
- CABREIRA, G.V.; LELES, P.S.S.; ARAÚJO, E.J.G.; SILVA, E.V.; LISBOA, A.C.; LOPES, L.N. Produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* utilizando biossólido como substrato em diferentes recipientes e fertilidades. **Revista Scientia Agraria**.v.18 n.2 Curitiba, p.30-42, 2017
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria, Curitiba**, v. 9, p. 27-33, 2008.
- CHAER, G. M.; RESENDE, A. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M.; BODDEY, R. M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, Oxford, v. 31, p.139–149, 2011.
- DIAS, P.C.; PEREIRA, M.S.F.; KASUYA, M.C.M.; PAIVA, H.N.; OLIVEIRA, L.S.; XAVIER, A. Micorriza arbuscular e rizóbios no enraizamento e nutrição de mudas de angico-vermelho. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1027-1037, 2012.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, n.1 p.10-13, 1960
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, n.3, p.489-500, 1980.
- GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v.19, n.1, p.123-131, 2013.
- GOMES, J.M.; COUTO, L., LEITE H.G., XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- GOMES, J.M.; COUTO, L., LEITE H.G., XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.
- GOETTEN, L. C.; MORETTO, G.; STURMER, S. L. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculum produced on-farm and phosphorus on growth and nutrition of native woody plant species from Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 30, n. 1, p. 9-16, 2016.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. ESALQ/USP. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n. 15, 1995, 23 p.

KARANIKA, E. D.; VOULGARI, O. K.; MAMOLOS A. P.; ALIFRAGIS, D. A. A.; VERESOGLOU, D. S. Arbuscular mycorrhizal fungi in Northern Greece and influence of soil resources on their colonization. **Pedobiologia**, Jena, v. 51, n. 6, p. 409-418, 2008.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycology Research**, Cambridge, v.92 p. 488-505, 1989.

LEGAY, N.; GRASSEIN, F.; BINET, M.N.; C. ARNOLDI.; E. PERSONENI.; S. PERIGON.; F. POLY.; T. POMMIER.; J. PUISSANT.; J.C. CLÉMENT.; S. LAVOREL.; B. MOUHAMADOU. Plant species identities and fertilization influence on arbuscular mycorrhizal fungal colonisation and soil bacterial activities. **Applied Soil Ecology**, v.98, p. 132–139, 2016.

MARTINS, R.M.S.; MELLONI, R.; MELLONI, E.G.P. Crescimento micelial de fungos micorrízicos arbusculares e formação de micorriza em solo contaminado por cádmio. **Revista Scientia Agraria**, v.18 n.3, Curitiba , p. 48-60, 2017

MELLEK, J. E.; DIECKOW, J.; SILVA, V. L. S.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZANNI, F. M.; SOUZA, J. L. M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 69-76, 2010.

OGBONNA, D. N.; ISIRIMAH, N. O.; PRINCEWILL, E. Effect of organic waste compost and microbial activity on the growth of maize in the utisoils in Port Harcourt, Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 62, p. 12546-12554, 2012.

OLIVEIRA JR., J. Q.; SOUZA, R. C.; FONSECA JUNIOR, A. M.; SOUZA, A. C.; JESUS, E.; PEREIRA, M. G. Dependência e resposta à inoculação com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares na espécie florestal *Apuleia leiocarpa*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.41, 2017

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 02 abr. 2016.

ROCHA, F.S. Revegetação de áreas degradadas no entorno da Mata Atlântica com leguminosas arbóreas; estudo de espaçamento, consórcio com espécies de madeira nobre e resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. 2004; 80f; Dissertação (Mestrado em Agronomia (Ciências do Solo)) - **Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

SANTOS, G. L. Efeito da pedofoma no processo de sucessão secundária em fragmentos florestais na região do Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral, RJ. Programa de Pós

Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 130 f.: il. 2014.

SCORIZA, R. N.; CORREIA, M. E. F.; SILVA, E. M. R. Colembolos e fungos micorrizicos arbusculares como indicadores de degradação em fragmentos florestais de encosta. *Revista de Ciências Agrárias. Amazonian Journal*, v. 59, n. 4, p. 386-392, 2016

SILVA, C.F.; ARAÚJO, J.L.S.; SILVA, E.M.R.; PEREIRA, M.G.; FREITAS, M.S.M.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; MARTINS, M.A. Fungos Micorrízicos Arbusculares e proteína do solo relacionada à Glomalina em Área Degradada por extração de Argila e revegetada com eucalipto e Acácia. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 749-761, 2012

SNEATH, P. H.; SOKAL, R. R. Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification. **San Francisco: W.H. Freeman**, 1973. 573p.

TAVARES, S.R.L.; FRANCO, A.A.; SILVA, E.M.R. Produção de mudas de *Acacia mangium* Willd noduladas e micorrizadas em diferentes substratos. **HOLOS**, v. 4, n. 32, 2016.

TEDESCO, M. J; GIANELLO, C; BISSANI, CA. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. Ed. Porto Alegre: **Departamento de Solos**, UFRGS, 1995, 188p.

THIRKELL, T. J.; CAMERON, D. D.; HODGE, A. Resolving the ‘nitrogen paradox’ of arbuscular mycorrhizas: fertilization with organic matter brings considerable benefits for plant nutrition and growth. **Plant, Cell & Environment**, v. 39, p. 1683–1690, 2016.

VAN DER HEIJDEN M. G. A; BRUIN, S.; LUCKERHOFF, L.; VAN LOGTESTIJN, R.; SCHLAEPPI, K. A widespread plant-fungal-bacterial symbiosis promotes plant biodiversity, plant nutrition and seedling recruitment. **The ISME Journal**, v.10, p.389–399, 2016.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O estudo sobre fungos micorrizicos tem evoluído muito nos últimos tempos, tratando de questões moleculares e ecológicas, procurando descrever melhor todo seu papel na natureza e de atividades práticas como produção de mudas. Considerando a variação no comportamento da espécie vegetal em contato com a variedade de fungos micorrizicos encontrados na natureza.

A dependência micorrizica, por sua vez, estuda a relação entre as espécies vegetais e seu simbionte fúngico. Podendo ser encontradas variações de resposta de acordo com as condições ambientais ou do fungo micorrizico ao considerar uma mesma espécie.

O estudo sobre a comunidade vegetal em questão promoveu uma visão da importância inicial do estudo da dependência micorrizica para melhor desenvolvimento da espécie em ambientes adversos, como em pedofomas em situação de degradação. As quatro espécies testadas no presente estudo apresentaram desenvolvimentos diferentes quando inoculadas no mesmo ambiente e nas mesmas condições. Sendo observadas respostas distintas a variação dos fungos micorrizicos e as doses de fósforo, com um amplo espectro variando de espécies sem dependência (*Bauhinia forficata*) a espécies com alta dependência (*Apuleia leiocarpa*).

O resultado obtido referente à dependência micorrizica das espécies generalistas utilizadas no presente estudo permite levantar a hipótese de espécies com alta dependência micorrizica serem mais aptas para projetos de recuperação de áreas degradadas. No presente estudo, nos capítulos I e II, as espécies *Apuleia leiocarpa* e *P. gradiflorum* são generalista e apresentaram as melhores respostas a inoculação micorrizica. Sendo reafirmado pelos resultados do capítulo III em condição de produção com substratos, que apresentaram uma melhor resposta quando inoculadas, em toda variedade de substrato utilizada.

Estudos sobre a dependência micorrizica das espécies encontradas na área ou no arredor do projeto podem contribuir para o sucesso do plantio. As espécies teriam um ganho de desenvolvimento e biomassa, o que diminui a chance de problemas no plantio, promovendo assim redução nos custos de manutenção.

A produtividade e a diversidade de comunidades fúngicas de plantas e micorrizas arbusculares (AM) podem ser positivamente associadas umas às outras através de sua troca de recursos tipicamente mutualística. Em uma rizosfera sadia, existe uma grande diversidade de microrganismos, sendo que ainda se carece de informações se os membros dessa comunidade atuam em sinergia fornecendo diferentes serviços (por exemplo, diferentes nutrientes limitantes) às plantas. Há evidências de que a imensa diversidade de microorganismos e animais que vivem abaixo do solo contribuem significativamente na biodiversidade acima do mesmo e no funcionamento dos ecossistemas terrestres.. Estudos com g com s bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos já foram realizados e já demonstraram que ambos os simbiontes se complementam, sendo o resultado a diversidade, recrutamento melhorado de plântulas e melhor aquisição de nutrientes. Os organismos em questão, atuam de forma complementar na aquisição dos nutrientes , dessa forma maiores informações devem ser geradas para que todos os aspectos que envolvam essas relações tornem-se esclarecidos.

9. ANEXO

Tabela 1. Lista de espécies encontradas nas áreas nas diferentes pedofomas

Espécie	Nome Popular	Família	Grupo Suc.	Pedof.	IVI	Fenologia	Fornecedor	Viabilidade em armazenam.	Taxa de germinação	Nº sementes / kg
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) Macbr.	garapa	Leguminosae / Fabaceae	C	AMBAS	37,33	fev-maio	SC, SV	2 anos (Lorenzi, 2000, v. 1)	< 60% (Lorenzi, 1998, v. 2)	20.800
<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) Lewis & Lima.	angico-rosa	Leguminosae / Mimosoideae	S	AMBAS	35,02	Set-Mai	SV		alta (Lorenzi, 2009, v.3)	3.900
<i>Guarea kunthiana</i> Juss.	canjamba	Meliaceae	S	CÔNC.	30,55	a partir de agosto	SC, MTN	baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	baixa (Lorenzi, 1998, v.2)	755
<i>Senefelderia multiflora</i> Mart.	sucanga	Euphorbiaceae	S	AMBAS	23,91	Nov-Dez	SV		alta (Lorenzi, 2009, v.3)	2.450
<i>Bauhinia forficata</i> L.	pata-de-vaca, unha-de-vaca	Leguminosae / Fabaceae	S	CONVE.	19,27	maio-set	IBF, SC, MN, MTN, SV		< 30% (Lorenzi, 2000, v. 1)	15.100
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	guabirobeira	Myrtaceae	P	AMBAS	17,79	nov-jan	SV		alta (Lorenzi, 2000, v.1)	13.000
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) Macbr.	pau-jacaré	Leguminosae / Fabaceae	P	CONVE.	16,80	Jun-Nov	IBF, MN, MTN, SV	< 60 dias (Lorenzi, 2000, v. 1)	abundante (Lorenzi, 2000, v. 1)	18.000
<i>Allophylus edulis</i> (St. Hil) Radlk.	chal-chal	Sapindaceae	S	CONVE.	16,28	out-dez	IPEF, SV		> 80 % (Lorenzi, 2000, v. 1)	29.850
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	maria-mole	Nyctaginaceae	S	AMBAS	15,73	nov-fev	SV		alta (Lorenzi, 1998, v. 2)	7.000
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	louro-pardo	Boraginaceae	SI	AMBAS	14,06	Jul-Set	IBF, SC, MN, MTN, SV		abundante (Lorenzi, 2000, v. 1)	35.200
<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins.	sobrasil, saguaraji	Rhamnaceae	S	AMBAS	12,55	maio-out	IBF, SC, MN, MTN, SV		100% (Lorenzi, 2000, v.1)	47.600
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) Schum.	cinco-folhas, caroba-branca	Bignoniaceae	P	CONVE.	11,15	ago-nov	SV		muito baixa (Lorenzi, 2000, v. 1)	186.100
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze.	jequitibá-branco, jequitibá-rosa	Lecythidaceae	C	CÔNC.	10,05	set-nov	IBF, MTN, SV		95% (Lorenzi, 2000, v.1)	22.470
<i>Cedrela fissilis</i> Vell	cedro, cedro-rosa, cedro-branco	Meliaceae	C	CÔNC.	9,98	ago-set	IBF, SC, MN, MTN, SV	> 4 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	75% (Lorenzi, 2000, v. 1)	21.000
<i>Lecythis pisonis</i> Camb.	sapucaia	Lecythidaceae	S	CÔNC.	8,34	dez-abril	SC, SV	< 90 dias (Lorenzi, 2000, v. 1)	moderada (Lorenzi, 2000, v. 1)	180
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	fruto-de-pombo	Anacardiaceae	S	CONVE.	8,00	jan-março	IBF, MN		elevada (Lorenzi, 2000, v. 1)	20.700
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake. ou <i>S. excelsum</i> Vogel	guapuruvu	Leguminosae / Fabaceae	S	CÔNC.	6,85	abril-out	IBF, SC, MN, MTN, SV	vários anos (Lorenzi, 2000, v. 1)	> 85% (Lorenzi, 2000, v. 1)	500
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	copaiba, óleo-de-copaiba	Leguminosae / Caesalpinoideae	C	AMBAS	6,51	ago-set	MN, MTN, SV		> 60% (Lorenzi, 2000, v. 1)	1.720
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	caroba	Bignoniaceae	S	CÔNC.	6,16	out	MTN, SV	muito curta (Lorenzi, 2000, v. 1)	elevada (Lorenzi, 2000, v. 1)	145.000
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	cabotã	Sapindaceae	P	CONVE.	6,00	set-out	SV		baixa (Lorenzi, 1998, v. 2)	1.400
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	capixingui	Euphorbiaceae	P	CONVE.	5,53	nov-abril	SC, MN, MTN, SV	< 4 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	24.900
<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns.	embruçu	Malvaceae	S	AMBAS	5,48	set-out	MN, MTN, SV	4-6 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	> 60% (Lorenzi, 2000, v. 1)	10.000
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemao	cabreúva	Leguminosae / Fabaceae	S	CÔNC.	5,38	set-dez	MN, SV	< 3 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	75% (Lorenzi, 2000, v. 1)	5.100
<i>Casearia sylvestris</i> SW.	guaçatunga	Salicaceae	P	CONVE.	5,38	ago-dez	MN, SV	curta (Lorenzi, 2000, v. 1)	baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	84.000
<i>Chorisia speciosa</i> St.Hil.	paineira, paineira-rosa	Malvaceae	S	CÔNC.	4,23	jun-out	MN	> 5 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	> 80 % (Lorenzi, 2000, v. 1)	5.700
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	almecegueira, breu-branco-verdadeiro	Burseraceae	SI	CÔNC.	3,67	set-out	MTN, SV	< 90 dias (Lorenzi, 2000, v. 1)	baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	11.000
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	embaúba-branca, embaúva-prateada	Cecropiaceae	P	CÔNC.	3,45	jul-set	MN, SV		baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	900.000
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	açoita-cavalo-miúdo, açoita-cavalo	Malvaceae	S	CÔNC.	3,28	abril-out	MN, MTN, SV	> 3 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	moderada (Lorenzi, 2000, v. 1)	263.000
<i>Acacia polyphylla</i> DC.	monjoleiro	Leguminosae / Fabaceae	P	CÔNC.	3,20	ago-set	MN, MTN, SV	> 4 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	> 90% (Lorenzi, 2000, v. 1)	9.600
<i>Erythroxylum pulchrum</i> A. St. Hil.	?		S	CONVE.	2,84	jan-fev			?	
<i>Machaerium nyctians</i> (Vell.) Benth.	guaximbé	Leguminosae / Fabaceae	S	CONVE.	2,65	março-dez	SV	< 6 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	5.200
<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze.	jequitibá-rosa, jequitibá-vermelho	Lecythidaceae	C	CÔNC.	2,61	maio-out	MTN, SV		> 50% (Lorenzi, 2000, v. 1)	22.470
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	tapiá, tanheiro	Euphorbiaceae	P	CÔNC.	2,60	dez-maio	MTN, SV	< 60 dias (Lorenzi, 2000, v. 1)	baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	18.500
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb. ou <i>N. megapotamica</i>	canelão, canela preta, canelinha	Lauraceae	C	CONVE.	2,60	out-dez	MN, MTN, SV	< 3 meses (Lorenzi, 2000, v. 1)	alta (Lorenzi, 2000, v.1)	3.500
<i>Xylopia brasiliensis</i> Sprengel.	pindaíba	Annonaceae	S	CÔNC.	2,58	out-nov	SV	< 30 dias (Lorenzi, 2000, v. 1)	baixa (Lorenzi, 2000, v.1)	13.700
<i>Alseis floribunda</i> Schott.	armação-da-serra	Rubiaceae	S	CONVE.	2,57	Jun-set / Jan-abr	SV		< 50% (Lorenzi, 1998, v. 2)	3.000.000
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	tabocuva	Euphorbiaceae	S	CONVE.	2,57	out-jan	SV	< 90 dias (Lorenzi, 2000, v. 1)	muito baixa (Lorenzi, 2000, v. 1)	51.000
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	guaritá	Anacardiaceae	S	CONVE.	2,55	set-nov	SC, MN, MTN, SV		> 80 % (Lorenzi, 2000, v. 1)	31.800

