

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

**Seleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares e
Ectomicorrízicos para Simbioses Eficientes com
Leguminosas Arbóreas do Gênero *Acacia***

Guilherme Augusto Robles Angelini

2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**SELEÇÃO DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E
ECTOMICORRÍZICOS PARA SIMBIOSES EFICIENTES COM
LEGUMINOSAS ARBÓREAS DO GÊNERO *Acacia***

GUILHERME AUGUSTO ROBLES ANGELINI

Sob a Orientação do Professor
Orivaldo José Saggin Júnior

e Co-orientação da Professora
Eliane Maria Ribeiro da Silva

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Ciências**, no
Curso de Pós-Graduação em
Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2008

631.847

A582s

T

Angelini, Guilherme Augusto Robles, 1981-
Seleção de fungos micorrízicos
arbusculares e ectomicorrízicos para
simbioses eficientes com leguminosas
arbóreas do gêneros Acacia / Guilherme
Augusto Robles Angelini - 2008.
93f. : il.

Orientador: Orivaldo José Saggin
Júnior.

Dissertação (Mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de
Pós-Graduação em Agronomia.

Bibliografia: f. 67-79

1. Fungos micorrízicos - Teses. 2.
leguminosa - Teses. 3. Solos - Degradação
- Teses. I. Saggin Júnior, Orivaldo José,
1964-. II. Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO**

GUILHERME AUGUSTO ROBLES ANGELINI

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/02/2008

Orivaldo José Saggin Júnior. Dr. Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Cláudia Pozzi Jantalia. Dra. Embrapa Agrobiologia

Marcos Gervásio Pereira. Dr. UFRRJ

Aos meus pais MARIA MERCEDES e LAÉRCIO, pelo exemplo de educação, dedicação e amor aos filhos e, principalmente, pelo infinito incentivo e estímulo para a conquista deste título,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por toda esta minha vida e por sempre iluminar meus caminhos.

Aos meus pais, Laércio José Angelini e Maria Mercedes Robles Corral Angelini, por todo amor, carinho, dedicação e esforços durante toda minha vida.

Às minhas irmãs, Maria Paula, Carina e Marina, por toda atenção, compreensão, amor e principalmente pelos exemplos e incentivos. E, aos meus sobrinhos, João Pedro e Isadora por todos os gestos de carinho, atenção e momentos de alegria.

Aos novos irmãos, Péricles Galisa e Eline Matos Martins, por todos os momentos de felicidades e lealdade de uma amizade verdadeira.

À família de “Tia Soninha” e de Francisco, exemplos de pessoas, meus sinceros agradecimentos por todo apoio e valiosos momentos passados juntos. Serei eternamente grato às vibrações positivas irradiadas por vocês.

Ao meu orientador Orivaldo José Saggin Júnior, principalmente por toda a dedicação no decorrer destes dois anos, expressa em sua orientação, e também por sua amizade e valiosos conselhos.

À Professora-Pesquisadora Eliane Maria da Silva Ribeiro pela co-orientação, sabedoria em seus ensinamentos, amizade, incentivo e valiosas dicas quanto à realização deste trabalho.

Ao técnico do laboratório de Micorrizas, Itamar Garcia Ignácio, por toda sua ajuda, dedicação, disposição e amizade.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade oferecida para a realização deste curso e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Agrobiologia, principalmente pelo suporte técnico e ajuda dos excelentes profissionais durante a montagem e condução dos experimentos e, também, pelo companheirismo.

A todos os professores e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência do Solo, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial aos professores Lúcia Helena e Marcos Gervasio pela compreensão e apoio em todas as etapas do meu crescimento em Seropédica - RJ.

Aos companheiros do Alojamento da Embrapa, que estão ou que passaram, mas sempre exemplos deixaram: Patrícia, Cecília, Ana Paula, Roriz, Fábio, Enderson, Marcela, Cristiane, Antônio, Terezinha, Flavinho, Ilzo, Joventino, Rafael, João Ricardo, Jeniffer, Raquel, Silvia e Robertinha.

Aos companheiros de laboratório pela convivência, trocas de experiências, ajuda e pelos momentos no cafezinho: Anita, Ricardo Bento, Rafael, Tiara, Tatiana, Marinei, Ranusa, Lucas, Priscila e Cristiane. Mais uma vez, muito obrigado “Família Micorrizas”.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho e pelos bons momentos.

“Tenha fortaleza de ânimo, para resistir a todos os embates e tempestades do caminho. Não se iluda: mesmo a estrada do bem está cheia de tropeços e dificuldades... Continue, porém! Não de ouvidos às pedras colocadas pela inveja, pelo ciúme, pela intriga... Marche de cabeça erguida, confiantemente, e vencerá todos os obstáculos da caminhada. E, se for ferido, lembre-se de que as cicatrizes serão luzes que marcarão a sua vitória.”

Por Carlos Torres Pastorino

BIOGRAFIA

Guilherme Augusto Robles Angelini, nasceu em 29 de dezembro 1981, em Araraquara, Estado de São Paulo, filho de Maria Mercedes Robles Corral Angelini e Laércio José Angelini. Ingressou na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, no ano de 2001 no curso de Engenharia Agrônômica, onde graduou em janeiro de 2006. Neste período, foi bolsista de iniciação científica no período de agosto de 2002 a julho de 2004, no laboratório de Microbiologia do Solo, do Departamento de Ciência do Solo. Em março de 2006, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, e desenvolveu os experimentos da dissertação junto ao Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia da Embrapa, sob orientação do Pesquisador Orivaldo José Saggin Júnior, co-orientação da Pesquisadora Eliane Maria Ribeiro da Silva, obtendo o grau de Mestre em Ciência, em 2008.

RESUMO

ANGELINI, Guilherme Augusto Robles. **Avaliação de fungos micorrízicos arbusculares e ectomicorrízicos para seleção de simbioses eficientes com leguminosas arbóreas do gênero *Acacia***. 2008. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

O presente trabalho teve por objetivo selecionar espécies de FMAs e isolados de fECTOs de alta eficiência simbiótica para *Acacia mangium*, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*, a fim de avaliar a eficiência simbiótica das melhores combinações de inoculação entre esses dois tipos de micorrizas. Os experimentos foram instalados em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. O material de solo utilizado foi de um Nitossolo Háptico Distrófico, coletado no município de Pinheiral, RJ. Inicialmente, para a seleção das espécies de FMAs mais eficientes, foram conduzidos três experimentos, um para cada espécie de *Acacia*. Da mesma forma, outros três experimentos a fim de selecionar isolados de fECTOs eficientes, para estas mesmas espécies vegetais, foram conduzidos. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 5 repetições cada tratamento. Os tratamentos foram as espécies de FMAs: *Acaulospora laevis*, *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora pellucida* ou os isolados de fECTOs testados: UFSC Pt116; UFSC Pt24; UFSC Pt193; O 64-ITA6; UFSC Pt187 e O 40-ORS 7870. A partir dos resultados destes experimentos os FMAs e isolados de fECTO mais eficientes na promoção do crescimento das plantas foram combinados em outros experimentos (um para cada *Acacia*). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 4 repetições cada tratamento. Os tratamentos para cada espécie arbórea foram: os melhores FMAs; melhor fECTO; e a combinação entre estes fungos e a testemunha não inoculada. Em todos os experimentos avaliou-se o crescimento das plantas através da altura, diâmetro do colo, pesos frescos e secos de raízes e parte aérea. As raízes foram avaliadas por sua colonização radicular por FMAs e fECTO. Os esporos de FMAs foram contados, depois de extraídos do solo por peneiramento úmido e centrifugação. A eficiência simbiótica foi avaliada por sua resposta em relação à testemunha não inoculada em matéria seca da parte aérea. Os FMAs que apresentaram maior crescimento vegetativo e colonização micorrízica para as espécies de *Acacia* estudadas foram: *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama*; sendo os fungos de maior eficiência simbiótica para estas plantas. Já os isolados de fECTOs, não demonstraram eficiência para as espécies de *Acacia* testadas. O isolado O64-ITA6 (*Pisolithus tinctorius*), destacou-se por proporcionar mudas com maior colonização micorrízica e foi selecionado. Nos experimentos de inoculação combinada, os tratamentos que proporcionaram maior crescimento vegetativo foram: *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; evidenciando serem as combinações de maior eficiência simbiótica para as espécies de *Acacia* testadas. Estas combinações apresentaram valores de colonização micorrízicas acima de 70%. Neste sentido, a mistura de FMAs e fECTOs pode ser considerada uma prática ideal para o gênero *Acacia*, devendo haver o conhecimento prévio do comportamento da combinação, com vistas à otimização desta associação.

Palavras-chave: Eficiência simbiótica. Co-inoculação. Áreas degradadas. Colonização micorrízica. Inoculante.

ABSTRACT

ANGELINI, Guilherme Augusto Robles. **Arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi evaluation for selection of efficient symbiosis for leguminous trees of *Acacia* genus.** 2008. 79p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

The present research aimed the selection of FMA and isolate of fECTOs of high symbiotic efficiency for *Acacia mangium*, *Acacia holosericea*, and *Acacia auriculiformis* with the purpose of evaluating the best combination of inoculation among the different types of mycorrhizae. The experiments were carried on at Embrapa Agrobiologia's greenhouse, in Seropédica/RJ. The soil used was classified as an Udult and it was sampled in Pinheiral municipality, RJ State. At first, three experiments were conducted for the selection of the most efficient FMAs, one for each species of *Acacia*. Three other experiments were conducted for the selection of isolate of fECTOs equally efficient for the same vegetal species. The experimental delineation used was of casualized blocks with 5 replicates for each treatment. The species of FMA treated were: *Acaulospora laevis*, *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama*, *Scutellospora gilmorei* and *Scutellospora pellucida*. The isolate off ECTOS tested were: UFSC Pt116; UFSC Pt24; UFSC Pt193; O 64-ITA6; UFSC Pt187 and O 40-ORS 7870. Following the first results, the mycorrhizae most efficient for the vegetative growth were re-tested and the treatments for each arboreal species were: the best FMAs; best fECTOs; and the combination of these fungi and a non-inoculated reference. In all experiments the growth of plants was measured using fresh and dry weights of roots and aerial parts. The roots were evaluated by the FMAs and fECTOs colonization. The FMA spores were counted, after removed from the soil by sieving and centrifugation. The symbiotic efficiency was evaluated by comparing the responses to the reference treatment non inoculated in term of aerial dry matter. The FMAs which presented the highest values for the vegetative growth and mycorrhizae colonization for the *Acacia* species studied were: *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* and *Scutellospora heterogama*; proving to be the fungi with best symbiotic efficiency for these plants. In the inoculated experiments with isolates of fECTOs, none of the isolates proved to be efficient for the *Acacia* species tested. The O64 - ITA 6 (*Pisolithus tinctorius*) isolate gave plants with higher mycorrhiza colonization and it was selected. In the experiments of combined inoculation, the treatments that resulted in highest vegetative growth were: *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; proving to be the treatments with best symbiotic efficiency for the *Acacia* species tested. These combinations presented values of mycorrhiza colonization above 70%. In this sense, the mixture of FMAs and fECTOs may be considered an ideal practice for the *Acacia* genus, though needing a previous knowledge of the behavior of the combination, aiming the optimization of their association.

Key words: Symbiotic efficiency. Co-inoculation. Degraded lands. Mycorrhiza colonization. Inoculant.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Análise química do material de Nitossolo Háplico Distrófico utilizado nos experimentos.....	15
Tabela 2.	Fungos Micorrízicos Arbusculares da Coleção da Embrapa Agrobiologia, utilizados nos experimentos de seleção de fungos eficientes para plantas do gênero <i>Acacia</i>	16
Tabela 3.	Isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTO) utilizados nos experimentos de seleção de fungos eficientes para plantas do gênero <i>Acacia</i>	16
Tabela 4.	Composição do meio de cultura Melin-Norkans Modificado (MNM) utilizado para multiplicação dos fungos ectomicorrízicos.....	17
Tabela 5.	Espécies ou isolados de fungos micorrízicos e combinações destes para avaliação da co-inoculação mais eficiente para espécies do gênero <i>Acacia</i>	19
Tabela 6.	Altura de plantas de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	21
Tabela 7.	Diâmetro do colo de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	22
Tabela 8.	Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	23
Tabela 9.	Colonização micorrízica, número de esporos, número de nódulos e massa da matéria seca de nódulos de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	25
Tabela 10.	Altura de plantas de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	27
Tabela 11.	Diâmetro do colo de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	28
Tabela 12.	Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	29
Tabela 13.	Colonização micorrízica, número de esporos, número de nódulos e massa da matéria seca de nódulos de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	31

Tabela 14.	Altura de plantas de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	33
Tabela 15.	Diâmetro do colo de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	34
Tabela 16.	Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	34
Tabela 17.	Colonização micorrízica, número de esporos, número de nódulos e massa de nódulos secos de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	36
Tabela 18.	Altura de plantas de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	39
Tabela 19.	Altura de plantas de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	40
Tabela 20.	Altura de plantas de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	40
Tabela 21.	Diâmetro do colo de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	40
Tabela 22.	Diâmetro do colo de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	41
Tabela 23.	Diâmetro do colo de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	41
Tabela 24.	Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de <i>Acacia mangium</i> , <i>Acacia holosericea</i> e <i>Acacia auriculiformis</i> , inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	42
Tabela 25.	Colonização micorrízica em <i>Acacia mangium</i> , <i>Acacia holosericea</i> e <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 150 dias após plantio em casa de vegetação.....	44
Tabela 26.	Altura de plantas de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	45

Tabela 27.	Diâmetro do colo de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes combinações de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	46
Tabela 28.	Massa da parte aérea seca (MPAS), massa das raízes secas (MRS), relação parte aérea:raiz (MPAS/MRS) e área foliar de <i>Acacia mangium</i> inoculadas com diferentes combinações de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	47
Tabela 29.	Altura de plantas de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	52
Tabela 30.	Diâmetro do colo de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	53
Tabela 31.	Massa da parte aérea seca (MPAS), massa das raízes secas (MRS), relação parte aérea:raiz (MPAS/MRS) e área foliar de <i>Acacia holosericea</i> inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	54
Tabela 32.	Altura de plantas de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	59
Tabela 33.	Diâmetro do colo de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	60
Tabela 34.	Massa da parte aérea seca (MPAS), massa das raízes secas (MRS), relação parte aérea:raiz (MPAS/MRS) e área foliar de <i>Acacia auriculiformis</i> inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	As Micorrizas Arbusculares (FMAs) e as Ectomicorrizas (fECTOs).....	3
2.2	Etapas de Formação da Simbiose Micorrízica Arbuscular e Sinalizações.....	6
2.2.1	Comunicação pré-simbiótica.....	7
2.2.2	Fase simbiótica inicial – contato fungo-planta e penetração.....	8
2.2.3	Etapa da simbiose estabilizada – haustório e nutrição mineral.....	10
2.3	Importância da Simbiose Micorrízica na Recuperação de Áreas Degradadas.	11
2.4	Importância da Simbiose Micorrízica nos Solos Tropicais.....	12
2.5	Importância das Leguminosas na Recuperação de Áreas Degradadas.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1	Descrição do Solo, Planta, Delineamento e Condições Experimentais.....	15
3.2	Ensaio Preliminares para Ajustes na Metodologia.....	16
3.3	Aplicação dos Tratamentos e Condução dos Experimentos.....	17
3.4	Avaliações dos Experimentos.....	17
3.5	Experimentos de Combinações de Fungos Micorrízicos Arbusculares e Ectomicorrízico.....	18
3.5.1	Inoculação dos experimentos e condução.....	19
3.5.2	Avaliações dos experimentos de co-inoculação.....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1	Eficiência Simbiótica de FMAs para as Espécies de <i>Acacia</i>	21
4.1.1	<i>Acacia mangium</i>	21
4.1.2	<i>Acacia holosericea</i>	27
4.1.3	<i>Acacia auriculiformis</i>	32
4.2	Eficiência Simbiótica de Isolados de fECTOs Para as Espécies de <i>Acacia</i>	39
4.3	Eficácia Simbiótica de Combinações de Espécies de FMAs e Isolado de fECTO Selecionados para as Espécies de <i>Acacia</i>	45
4.3.1	<i>Acacia mangium</i>	45
4.3.2	<i>Acacia holosericea</i>	52
4.3.3	<i>Acacia auriculiformis</i>	58
5	CONCLUSÕES.....	66
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais no mundo crescem de forma desenfreada e, parte deles, está relacionada ao complexo quadro da necessidade de crescimento econômico das nações e à falta de uma política de planejamento da utilização dos recursos naturais. Isto tem gerado a utilização não racional dos recursos naturais, resultando em perdas irreversíveis e induzindo importantes degradações ambientais. Historicamente, quanto maior o progresso técnico humano e quanto mais rápido o crescimento econômico, maior tem sido o ritmo de alterações provocadas no meio ambiente.

No Brasil, a Mata Atlântica e o Cerrado foram os biomas que mais sofreram impactos ambientais com os ciclos econômicos históricos do país, com a expansão das fronteiras agropecuárias, o desmatamento, a urbanização sem controle e a poluição. Além disto, a degradação não se limita ao solo, à água e às espécies da flora e da fauna, estendendo-se também ao patrimônio étnico, cultural e social das populações tradicionais destas regiões.

Em uma área, um processo de degradação se estabelece a partir do momento em que as características determinantes da qualidade de um solo são alteradas negativamente (ALVES, 2001). As mudanças na vegetação causam desequilíbrio nos ecossistemas e as qualidades intrínsecas da nova vegetação forçosamente influenciam os processos físicos, químicos e biológicos do solo.

A maior parte dos ecossistemas que foram submetidos a forte intervenção do homem apresenta hoje algum grau de degradação. Em algumas dessas áreas, a degradação eliminou a vegetação e, junto a ela os meios de regeneração bióticos, tais como o banco de sementes, o banco de plântulas e a rebrota. Estas áreas apresentam baixa resiliência; ou seja: seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou se dar em um ritmo extremamente lento. Para a recuperação de áreas como estas é preciso selecionar e identificar espécies vegetais aptas às novas condições ambientais e que, de forma rápida, acelerem a estruturação e a formação dos horizontes mais superficiais do solo e favoreçam o acúmulo de matéria orgânica e o restabelecimento do processo de ciclagem de nutrientes. O estabelecimento desta nova vegetação rústica sob condições de baixa fertilidade, irá incrementar a atividade microbiana e a diversidade biológica dos solos degradados.

Entre as espécies vegetais estudadas para a revegetação de áreas que perderam a resiliência, encontram-se as leguminosas arbóreas do gênero *Acacia*. Este gênero apresenta espécies rústicas, de rápido crescimento em solos pobres ou degradados, aumentando assim a atividade e a diversidade biológica nestes solos.

A diversidade biológica dos solos tem papel fundamental na manutenção da integridade e no funcionamento dos ecossistemas. Assim, recuperar áreas degradadas é uma denominação que se tem atribuído ao desafio de, por meio de revegetações planejadas, reconstruir a estrutura dos solos e criar condições para que se restabeleçam os processos ecológicos naturais de cada ecossistema, incluindo as relações entre plantas e microrganismos.

Dentre as diversas relações ecológicas existentes entre plantas e microrganismos, destaca-se a simbiose micorrízica (HARLEY & SMITH, 1983) que é a união orgânica entre raízes das plantas e fungos do solo, com dependência fisiológica íntima e recíproca, seguida pelo crescimento dos simbiontes (SIQUEIRA & FRANCO, 1988). Estas associações simbióticas, denominadas simplesmente de micorrizas, ocorrem de forma generalizada na natureza e estão amplamente distribuídas nos mais diversos ambientes terrestres, e na grande maioria das espécies vegetais conhecidas (LINDERMAN, 1994; TRAPPE et al., 1982).

Essas associações têm um importantíssimo papel nutricional, particularmente nas regiões tropicais, onde os solos intemperizados apresentam deficiência de fósforo (P) e elevada capacidade de fixação deste elemento, constituindo-se o principal fator nutricional que restringe o crescimento vegetal (SANCHEZ & SALINAS, 1981). De um modo geral, plantas cultivadas em solos ácidos, distróficos, com níveis tóxicos de alumínio (Al^{3+}) necessitam dos fungos micorrízicos para tolerar tais condições (MUNYANZIZA et al., 1997; LAMBAIS & CARDOSO, 1988).

Além do aumento da superfície específica de absorção, proporcionado pela simbiose micorrízica, as micorrizas trazem benefícios à comunidade vegetal e ao ambiente, com expressivas melhorias na retenção de umidade, na agregação e estabilidade dos solos, além de atuar na proteção contra os patógenos radiculares (SYLVIA, 1992; AUGÉ et al., 2001; NEWSHAM et al., 1995).

A inoculação destes fungos em mudas utilizadas para revegetação de áreas degradadas é importante, por auxiliar e acelerar os processos de recuperação dos solos, ajudando no estabelecimento das mudas no campo e no restabelecimento da ciclagem de nutrientes. As micorrizas também influenciam a sucessão vegetal, ao favorecer o estabelecimento de espécies de plantas próprias de etapas sucessionais intermediárias e avançadas, acelerando a recuperação de uma cobertura vegetal clímax (GUERRERO et al., 1996).

As espécies *Acacia mangium*, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis* têm sido utilizadas para se obter uma rápida retomada de cobertura vegetal arbórea em áreas degradadas, propiciando o reinício da sucessão florestal natural nessas áreas (FRANCO et al., 1991). Estas espécies destacam-se por formar três tipos de simbiose: 1) a fixadora de nitrogênio atmosférico com rizóbio; 2) a com fungos micorrízicos arbusculares (FMAS) e; 3) a com fungos ectomicorrízicos (fECTO). Os FMAs e os fECTO se diferenciam pelo filo dos fungos, pelas características morfológicas, pelas estruturas de reprodução, pela morfologia da colonização radicular e por seus hospedeiros (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005). Apesar disto, algumas angiospermas arbóreas, como as do gênero *Acacia*, podem formar estes dois tipos de micorrizas. Particularmente a simbiose ectomicorrízica tem sido pouco estudada no Brasil no que concerne a colonização micorrízica, a compatibilidade entre os simbioses, os efeitos do fungo sobre a planta hospedeira e o efeito conjunto com a simbiose micorrízica arbuscular nas espécies arbóreas que formam os dois tipos de micorrizas.

As plantas, de maneira natural, apresentam graus de dependência micorrízica diferentes e espécies de fungos apresentam diferentes eficiências (SAGGIN JÚNIOR & SILVA, 2005). Por conta disso, é importante avaliar o funcionamento da simbiose em espécies de *Acacia* com diferentes FMAs e diferentes fECTO. Os estudos podem evoluir para o uso de um inoculante de múltiplas espécies, o que seria um passo importante no sentido de se obter melhores mudas para a recuperação de áreas degradadas e menor dependência de insumos para seu plantio e estabelecimento em campo. Além disso, as plantas inoculadas com fungos micorrízicos eficientes provavelmente apresentarão maior rusticidade, podendo sobreviver em situações de maior estresse ambiental.

Neste sentido, a mistura de fungos pode ser considerada uma prática ideal, desde que haja o conhecimento prévio do comportamento da combinação de fungos, com vistas à otimização desta associação. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as diferentes espécies de FMAs, e isolados de fECTO e de suas inoculações conjuntas, para seleção de simbioses eficientes com leguminosas arbóreas do gênero *Acacia* para que possam contribuir nas atividades silviculturais de recuperação das áreas degradadas por erosão (voçorocas) ou empréstimo (nas quais o solo superficial é retirado), onde o maior desafio é a baixa disponibilidade de nutrientes, particularmente de fósforo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 As Micorrizas Arbusculares e as Ectomicorrizas

As micorrizas trazem benefícios à comunidade vegetal e ao ambiente, fornecendo nutrientes e água às plantas, assim como favorecendo a retenção de umidade, a agregação e estabilidade dos solos (SYLVIA, 1992; AUGÉ et al., 2001). A maioria das plantas vasculares vive em simbiose mutualista com fungos micorrízicos. Há evidências de que essa associação entre raízes de plantas e fungos, descoberta por FRANK (1885), possibilitou a colonização do ambiente terrestre pelas plantas (PIROZYNSKI & MALLOCH, 1975; REDECKER, KODNER & GRAHAM, 2000).

Estudos filogenéticos sugerem que os fungos micorrízicos evoluíram de ancestrais saprofitos e que vários voltaram à condição de vida livre em múltiplas ocasiões (HIBBETT, GILBERT, DONOGHUE, 2000). Genes para enzimas lignolíticas são encontrados em grande escala em fungos ectomicorrízicos (fECTOs) de diversas ordens, dando suporte a essa hipótese (CHEN et al., 2001; MÜNZENBERGER et al., 2003).

As micorrizas do tipo arbuscular são de particular importância nos trópicos, onde estão bem distribuídas e ocorrem com grande frequência (SMITH & READ, 1997). Estimativas sugerem que esta antiga simbiose data do começo do Devoniano (398 milhões de anos atrás), e provavelmente os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) evoluíram associados às plantas (GADKAR et al., 2001). Evidências fósseis sugerem que esta simbiose possa ser até mais antiga e que os FMAs vêm desempenhando funções importantes nos ecossistemas terrestres por mais de 460 milhões de anos (REDECKER, KODNER & GRAHAM, 2000).

Nas associações micorrízicas ocorre uma íntima interação entre os parceiros, apresentando uma perfeita integração morfológica e fisiológica, resultando em uma alta compatibilidade funcional. A planta beneficia-se pelo aumento da absorção de água e nutrientes, principalmente de P, proporcionado pelas hifas fúngicas, que funcionam como uma extensão do sistema radicular, enquanto a planta fornece ao fungo fotoassimilados permitindo que ele complete seu ciclo, o que, no caso dos FMAs, só ocorre na presença do hospedeiro (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) fazem parte da classe *Glomeromycota*, na ordem *Glomerales*, contendo duas sub-ordens, *Diversisporales* e *Glomerales*. (SCHÜßER, SCHWARZOTT & WALKER, 2001). Atualmente são descritas 180 espécies de fungos micorrízicos arbusculares (SOUZA, 2000). Estes fungos são de fundamental importância para 90% das espécies de plantas vasculares (SIQUEIRA, 1991), ou seja, colonizam as raízes de plantas de quase todos os gêneros das Angiospermas, Gimnospermas, além de representantes das Briófitas e Pteridófitas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002), com exceção de algumas famílias como, Chenopodiaceae, Amaranthaceae, Caryophyllaceae, Polygonaceae, Brassicaceae, Scrophulariaceae, Commelinaceae, Juncaceae e Cyperaceae (BRUNDETT et al., 2002) e, portanto, constituem a regra e não a exceção na natureza (SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA, 1996).

As micorrizas arbusculares caracterizam-se pela presença endógena de arbúsculos nas células do córtex radicular. Esta associação resulta de uma seqüência complexa de interações entre as hifas fúngicas e as células das raízes, resultado da evolução conjunta dos genomas da planta e do fungo, levando a uma perfeita integração morfológica, fisiológica, bioquímica e funcional.

O processo de colonização da raiz tem início com a chegada da hifa do fungo na sua superfície, sendo comum à formação de um apressório na epiderme. A hifa resultante do apressório passa entre as células e então se ramifica entre e dentro das células do córtex,

formando os arbúsculos e vesículas, sendo estes sempre envolvidos pelo plasmalema da célula vegetal. Hifas extra-radulares também são formadas, sendo disseminadas na rizosfera, originando novos pontos de penetração na raiz (AZCÓN-AGUILLAR & BAREA, 1997).

O surgimento das hifas a partir de apressórios é a primeira indicação de compatibilidade entre os simbioses, que depende dos genomas do fungo micorrízico e da planta hospedeira (LAMBAIS, 1996). Os fungos micorrízicos são capazes de discriminar hospedeiros inapropriados, tais como espécies de *Brassica spp.*, em estádios iniciais do desenvolvimento das plantas, antes mesmo da formação do apressório (GIOVANNETTI et al., 1994).

Em plantas hospedeiras, existe a presença de fatores que ocasionam a diferenciação dos apressórios, os quais podem ser sinais moleculares trocados entre a planta e o FMA (LAMBAIS, 1996). Entre plantas não hospedeiras pode até mesmo haver a liberação de exsudatos radiculares tóxicos que inibem a diferenciação dos apressórios (HAYMAN, 1983).

São relatados passos no processo de formação e reconhecimento entre os simbioses, onde a interação entre os dois associados pode ser parada ou prosseguida (GIOVANNETTI et al., 1994). Quando o esporo germina, a hifa ramifica-se na região próxima às raízes, aumentando a chance do FMA encontrar raízes suscetíveis ou não. A percepção de sinais químicos compatíveis ao fungo micorrízico, surgidos a partir das raízes de plantas hospedeiras, promovem o direcionamento das hifas e a formação de apressórios. Após isto, a penetração na célula da raiz pelo fungo depende do genoma da planta hospedeira modulado por sua condição nutricional. Naquelas resistentes à penetração, o processo é inibido pela defesa da planta, enquanto em hospedeiros suscetíveis a colonização torna-se bem sucedida e a simbiose é formada. Esse possível fator de reconhecimento parece ser afetado particularmente pelo nível de fósforo na planta. Em condições de alto nível de fósforo, a diferenciação dos apressórios é inibida ou pode ser inativada. Esta deficiência no reconhecimento poderia explicar, em parte, porque ocorrem baixos níveis de colonização intra-radicular nestas condições (LAMBAIS, 1996).

Os mecanismos de defesa da planta à penetração dos FMAs não são ativados ou são de modo muito atenuado (LAMBAIS, 1996). A expressão de resistência da planta à penetração do fungo simbiote praticamente não ocorre, mas diferentes combinações FMAs - planta exibem diferentes graus de colonização sugerindo a existência de alguma preferência entre parceiros (SANDERS, 1993; SANDERS & FITTER, 1992; MCGONIGLE & FITTER, 1990; DHILLON, 1992). Assim, apesar de não haver especificidade, como nas ectomicorrizas, as micorrizas arbusculares apresentam esta preferência a qual reflete no crescimento das plantas, existindo inúmeros trabalhos que mostram que diferentes espécies de FMAs promovem crescimento diferenciado de seus hospedeiros (THOMSON, ROBSON, & ABBOTT, 1986; VAN DER HEIJDEN et al., 1998).

Desta forma, pela falta de evidência para uma “especificidade taxonômica”, as diferentes respostas simbióticas da planta hospedeira aos diversos isolados de FMAs sugere a existência de uma “especificidade funcional” (ALEXANDER, AHMAD & SEE, 1992; GIOVANNETTI & HEPPER, 1985). Esta especificidade estaria relacionada ao balanço entre benefícios e custos do fungo para o hospedeiro (KOIDE, 1991) o que, às vezes, é atribuído a diferenças no grau de colonização ou na eficiência do transporte de nutrientes entre o fungo e a planta. Pode ocorrer a existência de associação preferencial fungo-planta, em determinado estágio de desenvolvimento da planta, sendo esta modulada pela fisiologia e ecologia da planta mediante mecanismos próprios de convergência evolutiva entre simbioses (ST. JOHN, COLEMAN & REID, 1983; NEMEC et al., 1981). Portanto, uma micorriza funcional resulta de uma perfeita integração morfológica e fisiológica entre os parceiros, reflexo de complexas interações bioquímicas, genéticas e fisiológicas, relações estas muito dependentes do solo e do ambiente.

Os fungos ectomicorrízicos (fECTO), os quais pertencem a diversas famílias dos filos Basidiomycota e Ascomycota, são um grupo polifilético (SMITH & READ, 1997). Sua estrutura fúngica se desenvolve na raiz e nos espaços intercelulares do córtex, sem que ocorra penetração celular (PETERSON & BONFANTE, 1994). Formam, particularmente com as gimnospermas e algumas angiospermas, simbioses de caráter mutualista denominadas ectomicorrizas: Estas são formadas por diversas espécies ou isolados destes fungos e algumas famílias de plantas, sendo assim, permite-se supor que as diferentes espécies ou isolados deste grupo de fungos possam apresentar comportamento variável em relação às suas exigências nutricionais e ambientais.

As principais famílias vegetais que apresentam ectomicorrizas são Pinaceae, Fagaceae, Betulaceae, Salicaceae, Myrtaceae e Dipterocarpaceae (WILCOX, 1990). Embora muitos estudos sobre a inoculação desses organismos em plantas venham demonstrando que os efeitos benéficos se manifestam principalmente em condições de baixa fertilidade do solo, sabe-se que os benefícios nutricionais não são os únicos proporcionados pelos fungos ectomicorrízicos a seus hospedeiros, indicando um caráter multifuncional das associações ectomicorrízicas (NEWSHAM et al., 1995). As ectomicorrizas aumentam a área de absorção radicular, permitindo um melhor aproveitamento de água e nutrientes, como o P, N e K, propiciam maior resistência a estresses hídricos, a temperaturas mais elevadas e acidez do solo, além de possibilitar maior tolerância à presença de substâncias tóxicas no solo e a patógenos do sistema radicular (GLOWA, AROCENA & MASSICOTTE, 2003; SAWYER et al., 2003).

A formação das ectomicorrizas envolve uma série de etapas e de modificações de ordem morfológica, celular e química nos dois organismos. O fungo penetra nas raízes colonizando a região intercelular das células epidérmicas das angiospermas e a região do córtex nas gimnospermas. O crescimento das hifas na superfície das raízes forma uma estrutura denominada manto. Já a colonização dos espaços intercelulares, formando um emaranhado, é chamada rede de Hartig, sendo esta a principal região de troca de nutrientes entre o fungo e a planta (SMITH & READ, 1997).

As hifas que saem do manto em direção ao solo podendo formar feixes chamados rizomorfos, que são cordões de hifas com diâmetro maior que a hifa isolada (DUDDRIDGE, MALIBARI & READ, 1980). Os fungos ectomicorrízicos produzem hormônios que diminuem o crescimento das raízes e podem induzir à bifurcação das pontas e à formação de aglomerados de raízes, variando as estruturas conforme a espécie hospedeira e o fungo associado (BARKER, TAGU & DELP, 1998).

O grau de especificidade dos fECTOs com o hospedeiro é considerado médio em relação ao que ocorre com os FMAs que são considerados de baixa especificidade (BRUNDRETT, 2002). Além da especificidade em relação aos hospedeiros, os fECTOs podem associar-se em estádios diferenciados de crescimento da planta. Aqueles que se associam às plantas jovens são chamados fungos de estágio inicial, os que se associam às plantas de idade avançada, fungos de estágio tardio e os que se associam às plantas em qualquer fase são chamados multiestádios (MASON, 1982; LAST, DIGHTON & MASON, 1987). Supõe-se que esse fenômeno esteja ligado à maior demanda de açúcares por parte dos fungos ectomicorrízicos tardios e menor demanda pelos de estágio inicial (GIBSON & DEACON, 1990). Outra hipótese relaciona a sucessão dos fungos ectomicorrízicos com as diferentes formas de nutrientes disponíveis no solo. Os fungos de estágio inicial utilizariam nutriente predominantemente na forma mineral e os de estágio tardio na forma orgânica (DIGHTON & MASON, 1985; EATON & AYRES, 2002).

A série de eventos bioquímicos, morfológicos e fisiológicos envolvendo os dois simbiontes determinará a possibilidade de colonização de uma espécie vegetal por determinado fECTO. Para que ocorra a simbiose eficiente, o fungo necessita reconhecer e

associar-se ao hospedeiro, escapar do processo de defesa da planta e iniciar o processo de transferência bilateral de nutrientes (SMITH & READ, 1997). A sinalização entre o fungo e a planta inicia-se pela liberação, por parte desta última, de exsudatos que atuarão, principalmente, como nutrientes para o fungo e que podem estimular a germinação de seus esporos presentes no solo (FRIES & BIRRAUX, 1980; BIRRAUX & FRIES, 1981; FRIES & SWEDJEMARK, 1986). A exsudação de citocinina aumenta significativamente o crescimento do fungo ectomicorrízico em *Pinus sylvestris*, em solo mineral pobre, especialmente se associado ao ácido indol acético (GOGALA, 1989). Além disto, hormônios e outros compostos como os flavonóides, diterpenos e vários nutrientes podem compor os sinais iniciais emitidos pela planta para iniciar o processo (MARTIN, 2001).

A sinalização pode ser seguida pela produção e acúmulo de fenilpropanóides nas raízes e liberação pelo fungo de compostos indólicos que irão atuar na rizogênese (WEISS et al., 1997; NEHLS et al., 1998). Os sinais bioquímicos de reconhecimento compõem a ramificação e adesão das hifas, que são os passos iniciais da formação das ectomicorrizas (WONG & FORTIN, 1990).

Observações de fases iniciais da colonização podem revelar se o reconhecimento resulta em interação compatível ou não. Quando o fungo entra em contato com a superfície das raízes, as hifas se ramificam, intumescem e parecem se fundir em certos locais, antes da produção do manto ou rede de Hartig (JACOBS, PETERSON & MASSICOTE, 1989). Após a modificação e adesão das hifas, pode ocorrer a penetração do fungo no tecido do hospedeiro.

No processo de sinalização entre fungos e plantas há também modificação na composição bioquímica dos polipeptídeos na membrana de interface planta-fungo, chamados de micorrizas. Os polipeptídeos encontrados nas raízes colonizadas são diferentes daqueles encontrados nas raízes não colonizadas ou no micélio do fungo. A formação de micorrizas ocorre logo no início do processo (observações realizadas 12 horas após), quando há ainda poucas hifas em torno da raiz, indicando que as mudanças na expressão do gene hospedeiro ocorrem antes da formação das estruturas anatômicas (HILBERT, COSTA & MARTIN, 1991).

Na sequência do processo, o crescimento do meristema apical da raiz cessa, ocorre a formação da rede de Hartig e polissacarídeos e polipeptídeos agregam-se às hifas formando o manto. Há, então, o rearranjo do citoesqueleto que produz um alongamento das células da raiz. Para controlar a interação com o fungo ectomicorrízico, a planta pode produzir quitinasas que atenuam o sinal eliciador produzido pelo fungo, sem influenciar o crescimento e a morfologia do fungo (SALZER et al., 1997).

2.2 Etapas de Formação da Simbiose Micorrízica Arbuscular e Sinalizações

A sequência das etapas que conduzem à simbiose micorrízica é largamente conservada por maior parte entre diferentes combinações de fungos e espécies vegetais, e parece ser independente da eficácia da simbiose. O processo pode ser dividido em estágios principais, sendo: (i) a fase pré-simbiótica; (ii) fase de contato e entrada do fungo no tecido da raiz; (iii) proliferação do fungo intraradicularmente; e (iv) invaginação celular e transferência de nutrientes. Estes estágios descrevem uma série cronológica dos eventos que ocorrem individualmente em sítios de infecção. Entretanto, o estabelecimento da simbiose micorrízica na raiz inteira é altamente assíncrono, com todos os presentes estágios descritos simultaneamente uma vez que o fungo começou a penetração na raiz (PASZKOWSKI, 2006).

O desenvolvimento de micorrizas envolve a diferenciação de interfaces simbióticas entre as células corticais e arbúsculos, e a expressão de programas genéticos específicos em ambos simbioses. Até o presente, poucos genes envolvidos no controle do desenvolvimento das micorrizas arbusculares foram identificados, sendo a maioria em leguminosas. Complexos

mecanismos de sinalização e transdução de sinais estão provavelmente envolvidos nas alterações dos programas genéticos dos simbioses. A análise de mutantes de leguminosas defectivos no desenvolvimento de nódulos e FMAs sugere que parte das vias de transdução de sinais envolvidas na regulação das duas simbioses é conservada (PASZKOWSKI, 2006).

A aplicação de ferramentas genéticas nos estudos moleculares da simbiose micorrízica arbuscular tem revelado uma multidão de genes relevantes que respondem ao desenvolvimento e estabelecimento da simbiose. A ausência de protocolos de transformação eficientes e a falta de ferramentas genéticas para fungos assexuais têm dificultado estudos que revelariam mais sobre os eventos sinalizadores do fungo. (HARRISON, 2005; HAUSE & FESTER, 2005).

Muito do que se descobriu sobre a formação das micorrizas arbusculares e sua sinalização também é válido para compreender o funcionamento das ectomicorrizas. Assim, a revisão adiante foca os resultados obtidos com FMAs, como forma de atualização de conhecimentos, que podem levar a inferências nas ectomicorrizas.

2.2.1 Comunicação pré-simbiótica

a) Resposta do fungo aos sinais derivados da planta

Para ambos os simbioses, o período antes do contato físico (formação do apressório) envolve reconhecimento e atração entre o fungo e a planta, de forma específica, promovendo o estabelecimento desta aliança. A sobrevivência dos FMAs biotróficos obrigatórios é baseada em uma germinação econômica dos esporos e por uma rápida colonização das raízes das plantas. Esporos de FMAs persistem no solo e germinam espontaneamente, independentes dos sinais metabólicos derivados das plantas (MOSSE, 1959). Porém, exsudatos de raízes podem promover ou impedir a germinação dos esporos de fungos micorrízicos, indicando a existência dos esporos receptores, que respondem as condições e as alterações químicas do ambiente (GIOVANETTI & SBRANA, 1998; BÉCARD et al., 2004; HARRISON, 2005). Depois da germinação dos esporos, os filamentos de hifas crescem pelo solo. Na ausência de um hospedeiro potencial (fase assimbiótica), o crescimento das hifas é limitado pela utilização das baixas quantias de carbono armazenado no esporo (BÉCARD & PICHÉ, 1989; BAGO et al., 1999; BAGO et al., 2000) e eventualmente cessa. Porém, o esporo retém carbono suficiente para permitir a germinação repetida, aumentando as possibilidades de encontrar um hospedeiro apropriado e iniciar o estabelecimento da simbiose. Os esporos particularmente grandes de *Gigaspora gigantea*, por exemplo, podem germinar até 10 vezes (KOSKE, 1981) a procura de uma raiz hospedeira.

O estágio pré-simbiótico marca o início do processo de comunicação entre os simbioses. Esse processo pode envolver diferentes moléculas sintetizadas pelas plantas, dentre elas flavonóides e os chamados “Fatores de Ramificação” (*branching factors*, BF) (NAIR, SAFIR & SIQUEIRA, 1991). Quando NAGAHASHI & DOUDS (1999) desenvolveram um bioensaio para estudar a interação de exsudatos radiculares e esporos de *Gigaspora margarita*, foi possível determinar os efeitos dos BFs sobre os FMAs. Neste bioensaio, foi demonstrado que um BF estava presente nos exsudatos de todas as plantas avaliadas, com exceção de plantas não-micorrízicas (NAGAHASHI & DOUDS, 2000; BUEE et al., 2000). Verificou-se também que os teores de P controlam a ramificação das hifas dos fungos. Em condições de baixo P, a atividade indutora de ramificação de hifas era maior do que em condições de alto P (NAGAHASHI & DOUDS, 2000). AKIYAMA et al., (2005) isolaram um BF dos exsudatos radiculares de *Lotus japonicus* cultivada em hidroponia e condições de baixo P. Essa molécula lipofílica era capaz de induzir a ramificação de hifas de *Gigaspora margarita* em concentrações muito baixas, e, após um extensivo processo de purificação, foi identificada como sendo um 5-desoxi-estrigol, uma molécula do grupo dos

sesquiterpeno-lactonas que induzem a germinação de plantas parasitas, como *Striga sp.* e *Orobancha sp* (LAMBAIS, 2006).

Várias linhas de evidências sugerem que estrigolactonas podem ser importantes para a sinalização em micorrizas arbusculares. Através de um bioensaio em discos de papel, foi mostrado que 5-desoxi-estrigol, sorgolactona, estrigol e GR24 (um análogo sintético) eram capazes de induzir a ramificação de hifas de *Gigaspora margarita* quando estavam em baixas concentrações (AKIYAMA, MATSUZAKI & HAYASHI, 2005).

b) Respostas das plantas aos sinais derivados dos fungos

A planta responde ao perfil microbiano da rizosfera de diferentes modos, dependendo também do tipo de organismos presentes. A detecção de derivados patogênicos pela planta ativa vias metabólicas que conduzem a respostas de defesa da planta quando ocorre o contato do fungo com o hospedeiro (GLAZEBROOK, 2005). Entretanto, estas defesas não são notadas nas fases de estabelecimento da associação micorrízica. (HARRISON, 2005; HAUSE & FESTER, 2005).

Muito embora existam evidências de moléculas sinais sintetizadas pelos FMAs, como por exemplo os fatores Myc, muito pouco se sabe sobre essas moléculas (LAMBAIS, 2006). Muitos estudos demonstram que as moléculas fúngicas induzem a expressão de genes vegetais durante os estágios iniciais do desenvolvimento das micorrizas arbusculares (WEIDMANN et al, 2004).

Os estágios iniciais do desenvolvimento de FMA foram estudados através de um experimento *in vitro* com raízes transformadas de *Medicago truncatula* contendo *gusA* sob o controle do promotor do gene *MtENOD11* (*MtENOD11-gusA*) e os autores mostraram que esse promotor era ativado em células epidérmicas e corticais colonizadas por *Gigaspora rosea*, mas não em co-culturas com fungos patogênicos (CHABAUD et al., 2002). Foi demonstrado também que esporos de FMAs em germinação secretam um fator difusível capaz de ativar o promotor de *MtENOD11*, mesmo em mutantes de *Medicago truncatula* incapazes de formar nódulos e micorrizas arbusculares (*dmi1*, *dmi2* e *dmi3*), e que esse promotor não era ativado por fatores Nod (KOSUTA et al., 2003).

Os estudos indicam que os FMAs secretam fatores difusíveis específicos capazes de induzir a expressão de genes, codificando nodulinas precoces, e que sua via de transdução é independente de DMI. Em contraste, a expressão de 11 genes envolvidos em transdução de sinais, transcrição e tradução, com expressão induzida durante a diferenciação de apressório em interação *M. truncatula-G. mosseae* é dependente de DMI3 (WEDMANN et al., 2004), sugerindo que existe uma discriminação precoce de fatores Myc e Nod, e que a transdução do fator Myc pode ocorrer por múltiplas vias, ou que existe mais de um fator Myc.

Extratos em metanol de esporos de *G. margarita* em germinação ativam o promotor do gene *Cbp1* de *L. japonicus*, um gene com expressão induzida em raízes micorrizadas, e sugere que o fator Myc é uma molécula lipofílica e não-polar e que não tem a mesma estrutura química dos fatores Nod (AKIYAMA, 2005). Este autor também sugere que as hifas de FMAs secretam mais de uma molécula sinal.

2.2.2 Fase simbiótica inicial – contato fungo-planta e penetração;

a) Desenvolvimento do apressório

O início da simbiose é morfológicamente marcado pela formação do apressório, o primeiro contato físico, célula – célula, entre fungo e planta e, a formação do local de penetração do fungo no interior da raiz do hospedeiro. O desenvolvimento do apressório pode ser resultado dos eventos de reconhecimento ocorridos na fase pré-simbiótica (GIOVANETTI et al., 1993). Estruturalmente, os apressórios diferem das hifas por serem aplainados, e as

hifas elípticas aderem através de meios desconhecidos à superfície das células da rizoderme do hospedeiro (GARRIOCK et al., 1989). Esta modificação morfológica é refletida através de mudanças na transcrição do gene do fungo (BREUNINGER & REQUENA, 2004). O apressório não acontece em células rizodérmicas de plantas não hospedeiras ou em tecidos artificiais, como celulose ou fibra sintética (GARRIOCK et al., 1989; GIONVANETTI et al., 1993).

Após a diferenciação do apressório e penetração, o crescimento intracelular das hifas dos FMAs é acompanhada pela invaginação da membrana plasmática vegetal e síntese de uma matriz associada. Em um primeiro estágio ocorre a migração do núcleo da célula epidérmica em direção ao apressório e reorganização do citoesqueleto e retículo endoplasmático, formando o chamado aparato de pré-penetração (*Pre-Penetration Apparatus*). Essa reorganização celular passageira define a acomodação intracelular subsequente e pode ter papel fundamental na síntese da interface entre a membrana do fungo e da planta (LAMBAIS, 2006). De forma análoga ao crescimento do cordão de infecção induzido por rizóbios em células corticais de leguminosas, o núcleo da célula infectada migra através da mesma direcionando o crescimento da hifa (GENRE et al., 2005). Sendo assim, os resultados observados em estudos indicam que a planta hospedeira está ativamente envolvida na preparação da célula para acomodação intracelular do FMA.

Alterações na fisiologia das células vegetais são observadas durante o processo de diferenciação dos arbúsculos no interior celular, dentre elas a ativação do ciclo do ácido tricarbóxico nas mitocôndrias, e da biossíntese de ácidos graxos, aminoácidos e apocarotenóides nos plastídios (LOHSE et al., 2005). Dois eventos de sinalização ocorrem em raízes colonizadas por FMAs, um autônomo e outro não-autônomo (HARRISON, 2005). A sinalização autônoma seria responsável pela ativação da expressão de genes específicos somente nas células contendo arbúsculos (por exemplo, transportadores de P micorriza-específicos, uma celulase, uma quitinase, e uma H⁺-ATPase). Já, a sinalização não-autônoma seria responsável pela ativação de genes específicos em células contendo arbúsculos e sua vizinhança imediata (por exemplo, GST, uma quitinase, uma β -1,3-endoglucanase).

Os mecanismos que controlam o crescimento intra-radicular dos FMAs não são conhecidos (LAMBAIS, RIOS-RUIZ & ANDRADE, 2003). O possível envolvimento de proteínas associadas à defesa vegetal, como quitinases, glucanases e enzimas envolvidas no metabolismo de espécies ativas de oxigênio, em diferentes condições de P tem sido investigado (LAMBAIS & MEHDY, 1998), e foi proposto que em micorrizas arbusculares (FMAs) hormônios vegetais poderiam ter papel essencial na regulação da expressão de genes codificando proteínas relacionadas à defesa (LAMBAIS & MEHDY, 1995).

Quando avaliada a formação destas micorrizas em vários mutantes hormonais de tomateiro, foi observado que um mutante super-produtor de etileno apresentava colonização intra-radicular reduzida e altos níveis de transcritos codificando uma quitinase básica, em comparação com tomateiro não alterado, sugerindo que o metabolismo hormonal, e especialmente do etileno, é importante para o controle do desenvolvimento de micorrizas arbusculares (MAs). A descoberta de que mutantes de ervilha incapazes de formar simbiose com rizóbios eram também incapazes de formar micorrizas arbusculares sugere que ambas simbioses compartilham mecanismos regulatórios comuns. O uso de plantas modelo como *M. truncatula* e *L. japonicus* levou à identificação de vários mutantes defectivos na formação de nódulos e MAs, os quais estão sendo úteis na elucidação dos mecanismos moleculares que controlam o desenvolvimento das MAs (HARRISON, 2005).

O uso de técnicas de genômica e genômica funcional de plantas modelo tem contribuído de forma significativa para o avanço da compreensão dos mecanismos moleculares que regulam a expressão gênica em FMAs (LAMBAIS et al., 2006). Várias questões sobre a sinalização e transdução de sinais em FMAs, no entanto, ainda permanecem

sem resposta, mas certamente se beneficiarão do isolamento e caracterização dos fatores micorrízicos, bem como da identificação de novos mutantes defectivos em diferentes estágios do desenvolvimento de FMAs.

2.2.3. Etapa da simbiose estabilizada – haustório e nutrição mineral

Haustório é uma estrutura fúngica ramificada ou não, especializada na absorção de nutrientes a partir do citoplasma da célula do hospedeiro, no interior da qual se desenvolve. No caso dos fungos micorrízicos arbusculares, recebe a denominação de arbúsculo, devido a sua extrema ramificação dicotômica o tornar parecido com uma pequena árvore. Os arbúsculos são chaves fundamentais na simbiose micorrízica, estes representam forma extrema de intimidade e compatibilidade entre fungo e planta. A formação de arbúsculos dentro das células do hospedeiro está associada a mudanças morfológicas e fisiológicas dramáticas em ambos os sócios simbióticos (HARRISON, 1995).

Após a invaginação do fungo no interior das células do córtex, as hifas sofrem dicotomia, ramificando-se, formando uma estrutura fúngica em formato de árvore, que pode preencher completamente todo o volume da célula cortical. Por conseguinte, a arquitetura da célula do hospedeiro sofre mudanças notáveis. Por exemplo, o núcleo move da região periférica para uma posição central, o vacúolo é fragmentado e uma membrana plasmática extensa, peri-arbuscular, é sintetizada, impedindo o contato direto do conteúdo celular vegetal com o tecido fúngico (HARRISON, 1995).

Apesar desta intensa atividade entre o fungo e a célula cortical, com o passar de certo tempo os arbúsculos passam a serem desfeitos, deixando as células corticais intactas, podendo estes ser anfitriões de outros arbúsculos. Não é conhecido o que ativa o desenvolvimento de arbúsculos no interior das células vegetais, mas sabe-se que existe um diferente potencial de açúcar entre o tecido vascular da planta e do fungo, tal fato seria responsável pela indução da formação dos arbúsculos (BLEE & ANDERSON, 1998).

Os FMAs recebem carboidratos produzidos pelas plantas, enquanto estes simultaneamente melhoram a absorção de nutrientes minerais, em particular fosfato inorgânico (Pi), funcionando como uma extensão do sistema radicular. Foi mostrado recentemente que, dependendo da combinação da planta-fungo, a captação de fosfato via simbiose pode ser responsável por grande parte ou total quantidade de Pi da planta (SMITH et al., 2003).

A rota metabólica proposta para a aquisição de Pi via simbiose começa com a assimilação de Pi pela hifa. Este fenômeno ocorre em função de uma relação de alta afinidade entre a superfície de absorção da hifa do fungo e as moléculas de Pi presentes no solo (HARRISON & BUUREN, 1995; MALDONADO-MENDOZA et al., 2001; BENEDETTO et al., 2005). Dentro do fungo, o Pi é translocado na forma de polifosfato, sendo novamente convertido a Pi para a passagem do fungo para o interior do sistema radicular das plantas (SOLAIMAN et al., 1999; OHTOMO & SAITO, 2005). O Pi é adquirido da interface fungo-planta através de transportadores de fosfato codificados pela planta. Foram identificados tais transportadores em vários tipos de plantas, e mostrado que estes são induzidos durante o desenvolvimento da simbiose micorrízica (RAUSCH et al., 2001; HARRISON et al., 2002; PASZKOWSKI et al., 2002; GLASSOP et al., 2005; NAGY et al., 2005).

Foi descoberto há muito tempo que além de P, os FMAs também promovem a nutrição de nitrogênio e outros nutrientes a seus hospedeiros. Até recentemente, muito pouco se sabia sobre como os FMAs captam N do ambiente e disponibilizam uma porção à planta. Usando isótopos marcados, descobriu-se que o nitrogênio inorgânico é absorvido e transportado pelo micélio extra-radicial incorporado em aminoácidos (arginina, por exemplo) e translocado de fora para dentro das estruturas fúngicas, conferindo depois a liberação destes isótopos em amônio pela planta (GOVINDARAJULU et al., 2005; JIN et al., 2005).

2.3 Importância da Simbiose Micorrízica na Recuperação de Áreas Degradadas

A caracterização de um processo de degradação do solo é uma questão que, em determinadas situações, é de difícil definição. A ciência do solo tem procurado solucionar esta dificuldade a partir da premissa de que a degradação está associada à própria definição de qualidade do solo, ou seja, à medida que as características que determinam a qualidade de um solo forem alteradas, estabelece-se um processo de degradação (DIAS & GRIFFITH, 1998).

A alteração e a degradação dos solos têm se intensificado nas últimas décadas. Todos os ecossistemas estão sujeitos às perturbações periódicas por fenômenos naturais e pela ação do homem, principalmente através da agricultura e pecuária intensiva, exploração de recursos minerais de forma abusiva e urbanização sem planejamento. A recuperação dessas áreas torna-se necessária para a racionalização do uso da terra e melhoria da qualidade ambiental.

Os principais problemas edáficos associados a áreas degradadas são baixa taxa de infiltração de água no solo, reduzida capacidade de armazenamento de água, deficiência de oxigênio, aumento na densidade global, elevada resistência à penetração de raízes e falta de matéria orgânica, entre outros (CORREA, 1996). Além destes, é grande também o número de problemas nos processos de revegetação natural, os quais parecem estar pelo menos em parte, associados às condições desfavoráveis do material de solo exposto, como exemplos, a baixa fertilidade, atividade microbiana e pH (PERRY, MOLINA & AMARANTHUS, 1987).

Vários conceitos de qualidade de solo foram propostos (MIELNICZUK, 1999), sendo o melhor deles, definindo a qualidade do solo como sendo a sua capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra (DORAN & PARKIN, 1994). Na manutenção e melhoria das condições físicas internas e externas do solo, a adição e balanço da matéria orgânica são fundamentais, pois esta manutenção e melhoria só poderão ser alcançadas e mantidas via biológica, isto é, através de ação de raízes, da atividade macro e microbiológica e da decomposição da matéria orgânica (ALVES, 1992).

A recuperação de áreas degradadas é vista como consequência de cinco componentes básicos que podem agir promovendo a recuperação do ambiente afetado ou como tensores, impedindo que a revegetação se torne uma realidade. São eles o substrato (ausência de matéria orgânica, solos pobres em nutrientes, compactados etc), os dispersores (fauna, polinizadores etc.), a fonte de propágulos (presença e qualidade da fonte de propágulos adjacentes às áreas danificadas), os fatores ambientais (umidade, temperatura etc) e a conformidade do relevo (declividade, bacias hidrográficas etc). Esses componentes podem agir em conjunto tanto quanto separadamente como promotores ou como tensores na revegetação das áreas degradadas (EMBRAPA, s/d).

A revegetação destas áreas geralmente é feita com alto investimento, muitas vezes à custa da transferência da camada fértil de outras áreas (FRANCO et al., 1992) e adotando-se aplicações maciças de corretivos e fertilizantes, que podem, em determinadas situações, terem reflexos negativos aos sistemas. Para evitar isso, existe outra opção: o uso de espécies leguminosas arbóreas pioneiras. Estas caracterizadas por serem espécies agressivas, aparecendo em ampla faixa de condições climáticas e edáficas e de elevada produção de biomassa, têm recebido destaques importantes na recuperação de solos degradados (FRANCO et al., 1992).

Uma área degradada pode ser recuperada tendo em vista sua destinação para os diversos usos possíveis. Em um planejamento de recuperação de uma área degradada, o grande desafio a ser alcançado é o estabelecimento de um novo horizonte A no solo, para que a partir daí, o processo seja catalisado pela biosfera, podendo surgir outros horizontes, conforme o condicionamento natural. Estará se interferindo em um ou mais fatores de formação do solo, numa tentativa de acelerar sua gênese (NOFFS, 2000).

O solo é essencial para garantir o estabelecimento da floresta, pois além de servir de suporte físico, garante por meio do ciclo hidrológico e dos processos biológicos e bioquímicos, o fluxo de água, nutriente e energia e, permite o estabelecimento de relações ecológicas diversas, importantes para a biodiversidade da vida macro e microscópica do ecossistema (SIQUEIRA et al., 1994).

Nos trópicos, a combinação de degradação dos solos e a baixa fertilidade, limitando particularmente a disponibilidade de P e N, faz com que a formação de associações benéficas entre as plantas e microrganismos passam a serem essenciais para o desenvolvimento de uma grande variedade de espécies vegetais (NEWSHAM, FITTER & WATKINSON, 1995). A associação entre o desenvolvimento vegetal e a atividade microbiana do solo é um fator importante na recuperação dos solos degradados, pois em solos profundamente alterados há a necessidade de recompor uma comunidade microbiana ativa (MARTINS et al., 1999). No caso de microrganismos simbiotes com plantas sua recomposição pode ser feita pela inoculação, como nos fungos micorrízicos e bactérias diazotróficas.

A remoção da vegetação e a perda da camada superficial orgânica e da modificação da estrutura do solo por processos erosivos ou ações mecânicas, como raspagem e revolvimentos dos horizontes superficiais, podem promover a eliminação parcial ou total dos propágulos dos fungos micorrízicos. Em geral estes processos provocam uma drástica redução na capacidade infectiva radicular destes fungos, podendo assim, afetar a sucessão das plantas pela limitação de espécies vegetais capazes de crescerem sem estabelecer a simbiose micorrízica (DE SOUZA & SILVA, 1996).

A inoculação de fungos micorrízicos influencia a sucessão vegetal ao favorecer o estabelecimento de espécies de plantas próprias de etapas sucessionais intermediárias e avançadas, acelerando a recuperação de uma cobertura vegetal clímax (GUERRERO et al., 1996). As micorrizas, quando inoculadas em mudas utilizadas para revegetação de áreas degradadas são importantes, pois atuam auxiliando e acelerando os processos de recuperação, ajudando no estabelecimento das mudas no campo, contribuindo para a absorção de nutrientes e água, podendo interferir na agregação do solo, além de atuar como agente de controle biológico de microrganismos fitopatogênicos de raízes (BETHLENFALVAY & LINDERMAN, 1992; NEWSHAM et al., 1995; SAWYER et al., 2003).

Os benefícios potenciais da simbiose para o hospedeiro, promovendo o crescimento em solo de baixa fertilidade, estão demonstrados na literatura (MOSSE, 1973; SIEVERDING, 1992; BOLAN, 1991; COLOZZI-FILHO & BALOTA, 1994), através da melhor utilização e conservação de nutrientes no ambiente, modificações fisiológicas e bioquímicas (SIQUEIRA & FRANCO, 1988), aumento da taxa fotossintética e exploração do solo pela rede micelial, potencializando a absorção de elementos de baixa mobilidade além da zona de depleção (MOSSE, 1973; BOLAN, 1991; SIEVERDING, 1992; MARSCHNER, 1995). As micorrizas podem também aumentar a sobrevivência das plantas em períodos de seca ou no transplante de mudas (COLOZZI-FILHO & BALOTA, 1994; MENGE et al., 1978).

2.4 Importância da Simbiose Micorrízica nos solos Tropicais

O interesse pelas micorrizas tem sido intensificado nas últimas duas décadas como consequência da crise energética, e de suas implicações na disponibilidade de nutrientes sintéticos, e da crescente preocupação mundial pela preservação de ecossistemas nativos (MENDONÇA & OLIVEIRA, 1996).

O fósforo é importante macronutriente componente de moléculas ativas tais como ácidos nucléicos, fosfolipídios e ATP. Embora a quantidade total de P no solo possa ser alta, ela está freqüentemente em formas não disponíveis ou em formas disponíveis somente além da região da rizosfera. Poucos solos não fertilizados liberam P rapidamente para sustentar a alta taxa de desenvolvimento das espécies de plantas (SCHACHTMAN et al., 1998). Em

muitos agrossistemas em que a aplicação de P no solo é necessária para assegurar a produtividade da planta, a absorção do P aplicado ao solo é muito baixa pelas plantas, porque mais de 80% torna-se imóvel e não disponível devido à adsorção na superfície de óxidos de Fe e Al ou a precipitação como fosfatos de Ca, Al e Fe ou pela conversão para forma orgânica na biomassa microbiana (SCHACHTMAN et al., 1998).

As associações micorrízicas apresentam potencial para serem utilizadas no aumento de produção agrícola e nas atividades silviculturais nos trópicos por poderem atuar como mecanismo biológico benéfico para as plantas, principalmente em situações de estresse edafoclimático (SMITH & SMITH, 1990). No Brasil, as micorrizas assumem papel extremamente importante devido às grandes áreas de solos pobres, ou degradados pela ação antrópica, e ao grande número de espécies vegetais economicamente importantes que apresentam dependência micorrízica (MENDONÇA & OLIVEIRA, 1996).

A grande rede de hifas lançadas ao solo pelas micorrizas aumenta o volume de solo explorado pelo sistema radicular, incrementando extraordinariamente a superfície de contato com o solo. Isso melhora a absorção de nutrientes, particularmente daqueles pouco móveis como o fósforo. Plantas não micorrizadas ou colonizadas por fungos micorrízicos ineficientes, crescendo em condições de baixa disponibilidade de fósforo, em geral necessitam de mais fertilizantes fosfatados do que plantas eficientemente micorrizadas (WINCKLER CALDEIRA et al., 1997). Em geral, nos solos com baixa disponibilidade de fósforo, as plantas colonizadas com fungos micorrízicos têm crescimento maior que as não colonizadas.

Os fungos micorrízicos, além de captar P além da região de depleção próxima às raízes, são mais eficientes do que as raízes na absorção desse elemento, absorvendo-o mesmo quando ele se encontra em concentrações muito baixas na solução do solo (PAUL & CLARK, 1989).

Além de presente na solução do solo, os fosfatos também podem ser encontrados na forma orgânica como ortofosfatos de monoésteres (fosfato de inositol), ortofosfatos de diésteres (ácidos nucleicos, os fosfolipídeos e o ácido teicóico) e fosfatos inorgânicos (fosfatos de alumínio, de ferro e de cálcio) (NOVAIS & SMYTH, 1999). Muitos microrganismos do solo produzem fosfatases, enzimas que catalizam a hidrólise que proporciona a clivagem de P de formas orgânicas, propiciando o aproveitamento do fósforo presentes nesses compostos. Observou-se que o micélio de isolados fúngicos apresentou ótima atividade para a fosfatase p-nitrofenil em pH 4,5 ou 5,0 (ANTIBUS, SINSABAUGH & LINKINS, 1992). Os fungos ectomicorrízicos também apresentam habilidade de produzirem fosfatases e, também, de solubilizarem os fosfatos pouco solúveis, pela produção de prótons e ácidos orgânicos (TAM & GRIFFITHS, 1993).

Como o P é um dos elementos mais limitantes ao crescimento vegetal, o benefício obtido com a associação micorrízica é variável e dependente do suprimento desse elemento. Quando o P é extremamente limitante, o crescimento dos dois simbiontes é inibido (DIGTHON, POSKITT & BROWN, 1993). Quando a disponibilidade de P é baixa, ocorre o aumento do crescimento do hospedeiro graças à ação benéfica do fungo (SMITH & READ, 1997); em doses maiores de P, a proliferação do fungo pode ocorrer às expensas do hospedeiro, não havendo benefícios nutricionais para este último (BOUGHER, GROVE & MALAJCZUK, 1990).

2.5 Importância das Leguminosas na Recuperação de Áreas Degradadas

A Embrapa Agrobiologia utiliza leguminosas arbóreas inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares para a recuperação de áreas degradadas (FRANCO et al., 1991). Entre as espécies de leguminosas arbóreas utilizadas no programa de recuperação de áreas degradadas da Embrapa Agrobiologia estão *Acacia*

mangium, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*, pois o gênero *Acacia* tem sido amplamente utilizado no mundo para revegetação de áreas degradadas (LAURIOLA et al., 2002). Estas três espécies, na fase inicial de crescimento apresentam folhas compostas, característica comum das leguminosas. À medida que a planta cresce, seu pecíolo dilata e as folhas compostas caem, deixando uma cicatriz na extremidade do pecíolo dilatado, denominado filódio, que passa a exercer a função de folha. Os filódios são, portanto, pecíolos modificados que parecem folhas simples lanceoladas, com nervuras paralelas. Além dessa interessante característica morfológica, estas espécies apresentam qualidades importantes para programas de recuperação ambiental.

Acacia mangium (LORENZI et al., 2003) é uma leguminosa arbórea procedente da região que abrange Nova Guiné, Indonésia e Austrália, onde cresce em solos ácidos e com teor de fósforo muito baixo (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1983). Essa espécie apresenta grande potencial para deposição de matéria orgânica, nitrogênio e bases trocáveis no solo, além de produzir serapilheira de baixa relação C/N (DIAS, FRANCO & CAMPELO, 1994). É pioneira, apresenta boa adaptação a condições pedoclimáticas difíceis, enraizamento profundo, rápida resposta à insolação e baixo nível de nutrientes (LAURIOLA et al., 2002). Essas propriedades influenciam de forma positiva a manutenção da atividade biológica e a ciclagem de nutrientes em solos degradados. Os valores expressivamente altos de serapilheira que esta espécie pode depositar no solo permitem a formação de reservatório de matéria orgânica e nutriente, essencial para o processo de revegetação (DE SOUZA & SILVA 1996).

A *Acacia holosericea* (LORENZI et al., 2003) é uma espécie leguminosa arbórea de ocorrência natural na Austrália e que vem sendo cultivada no Brasil há alguns anos. Elevadas concentrações de matéria orgânica em substratos cultivados com *Acacia holosericea* refletem sua grande capacidade de produção de biomassa, queda de filódios e, principalmente, produção de raízes, características desejáveis para espécies a serem utilizadas na revegetação de áreas degradadas (FRANCO et al., 1992). Foi verificado que a dupla inoculação com *Rhizobium* e *Glomus* em *Acacia holosericea* aumenta o crescimento de mudas, em áreas com deficiência de fósforo (CHARTARPAUL et al., 1989).

Acacia auriculiformis (LORENZI et al., 2003) é nativa das savanas de Nova Guiné e do Norte da Austrália (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980). Tem sido plantada em habitats úmidos e áreas tropicais e subtropicais. É uma árvore de crescimento rápido e tamanho médio. Cresce melhor entre o nível do mar e 400 m de altitude e regimes de chuvas variando de 900 a 2000 mm (TURNBULL, 1986). Cresce em diferentes solos suportando acidez, alcalinidade e salinidade. (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1980).

O gênero *Acacia* é conhecido pelo rápido crescimento e por associar-se com bactérias fixadoras de nitrogênio, fungos micorrízicos arbusculares e fungos ectomicorrízicos e às vezes com ambos os fungos (CORNET & DIEM, 1989; REDDELL & WARREN, 1986; DUCOUSSO, 1990). A associação com fungos ectomicorrízicos tem sido pouco estudada no Brasil no âmbito da colonização micorrízica ou compatibilidade entre os simbioss e dos efeitos do fungo sobre a planta hospedeira. Pelas plantas naturalmente apresentarem graus de dependência micorrízica diferente e pelas espécies de fungos terem diferentes eficiências simbióticas, torna-se importante avaliar o funcionamento da simbiose dessas espécies arbóreas com diferentes FMs e fungos ectomicorrízicos. Isso poderá evoluir para o uso de um inoculante de múltiplas espécies para essas leguminosas arbóreas, o que seria um passo importante no sentido de se obter melhores mudas para a recuperação de áreas degradadas e menor dependência de insumos químicos, principalmente fertilizantes fosfatados e nitrogenados, no plantio e estabelecimento dessas mudas em campo. Além disso, estas plantas inoculadas com fungos micorrízicos eficientes apresentarão maior rusticidade, tendo condições de sobreviver em condições de estresse ambiental.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição do Solo, Planta, Delineamento e Condições Experimentais

Os experimentos foram instalados em casa de vegetação localizada no Centro Nacional de Pesquisa Agrobiologia – Embrapa Agrobiologia, em Seropédica, RJ, (22°46' de Latitude Sul e 43°41' de Longitude Oeste) sob condições de casa de vegetação. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é caracterizado como tropical chuvoso com inverno seco, tipo climático Aw. As temperaturas mais elevadas se distribuem entre os meses de janeiro e fevereiro, enquanto a média mensal mais baixa ocorre no mês de julho. A temperatura da casa de vegetação mantém-se em 25°C, em média, e a umidade relativa do ar em torno de 45%.

Foram conduzidos simultaneamente, durante os meses de fevereiro à julho de 2007, seis experimentos de seleção de fungos micorrízicos para as espécies arbóreas *Acacia mangium*, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*, sendo para cada arbórea um experimento com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e outro com fungos ectomicorrízicos (fECTO), onde são tratamentos as diferentes espécies e isolados de fungos micorrízicos e uma testemunha não inoculada. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 5 repetições cada tratamento.

Para todos os experimentos, foram utilizados recipientes compostos por tubete plástico com volume de 280 cm³, acoplado ao fundo de um copo plástico de 700 mL, seguindo a metodologia utilizada por ROCHA (2004), que tem a vantagem da poda natural da raiz pivotante e volume de solo suficiente para um bom desenvolvimento radicular propiciando a colonização micorrízica.

O solo utilizado foi classificado como Nitossolo Háplico Distrófico, sendo coletado no município de Pinheiral, RJ, a 22°32'11,9" de Latitude Sul e 43°59'57,7" de Longitude Oeste, a 458 m de altitude. O solo foi seco ao ar, peneirado em malha de 2 mm e aplicou-se calagem na dose de 1,25 g kg⁻¹ com calcário dolomítico de PRNT 75%. O solo foi então autoclavado a 120 °C, pressão de 1 atm, por 60 minutos, em dois dias consecutivos. Deixou-se o solo secar ao ar e estabilizar os teores de manganês por 15 dias após a autoclavagem para então os vasos serem preenchidos com o solo. A análise da composição química do solo após a autoclavagem é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do material de Nitossolo Háplico Distrófico utilizado nos experimentos.

pH	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K	V%
(H ₂ O)	----- cmol _c /dm ³ -----			----- mg/dm ³ -----			
5,2	0,6	1,7	1,3	0,4	2	49,8	45

As sementes utilizadas no experimento foram provenientes da Embrapa Agrobiologia, as quais tiveram sua dormência quebrada com ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄) por 5 minutos, sendo em seguida lavadas em água corrente para remoção total do ácido e depois desinfestadas superficialmente pela imersão em solução de hipoclorito de sódio a 2% por 5 minutos. As sementes foram pré-germinadas em papel de filtro e, após a germinação, quando as emissões das radículas apresentavam-se 1 a 2 mm de comprimento, foram selecionadas e transplantadas três sementes por recipiente, para posterior desbaste, deixando uma única planta por vaso.

3.2 Ensaios Preliminares para Ajustes na Metodologia

Ensaios preliminares foram realizados antes da montagem dos experimentos para verificar a qualidade dos inoculantes de FMAs e ajustar o crescimento dos isolados de fECTO em meio de cultura.

As espécies de FMAs utilizadas foram provenientes da Coleção de Fungos Micorrízicos Arbusculares da Embrapa Agrobiologia. Inicialmente foram pré-selecionadas 15 fontes de inóculo diferentes para verificação da qualidade dos mesmos, levando-se em conta a pureza dos vasos de cultivo de FMAs, a densidade de esporos por mL de solo, a data de produção do inóculo e o volume disponível dos mesmos. Após as averiguações, 10 espécies de FMAs, de 5 gêneros distintos, foram selecionadas (Tabela 2).

Tabela 2. Fungos Micorrízicos Arbusculares da Coleção da Embrapa Agrobiologia, utilizados nos experimentos de seleção de fungos eficientes para plantas do gênero *Acacia*.

Espécie	Característica dos inoculantes		
	Código de origem	Densidade de esporos (n° mL ⁻¹)	Número Mais Provável (NMP) de propágulos viáveis (NMP g ⁻¹)
<i>Acaulospora laevis</i>	IES-35	40	2.919.282
<i>Acaulospora morrowiae</i>	CNPAB 019	373	237.492.724
<i>Entrophospora colombiana</i>	CNPAB 015	220	26.401.077
<i>Entrophospora contigua</i>	IES – 4 (b)	188	49.112.818
<i>Gigaspora margarita</i>	CNPAB 001	28	9.894.633
<i>Glomus clarum</i>	CNPAB 005	93	208.744.112
<i>Scutellospora calospora</i>	CNPAB 038	27	58.109.558
<i>Scutellospora heterogama</i>	CNPAB 002	40	106.487.348
<i>Scutellospora gilmorei</i>	CNPAB 013	89	95.543.258
<i>Scutellospora pellucida</i>	CNPAB 029	93	31.477.172

Em relação aos isolados de fECTOs, inicialmente obteve-se 8 isolados, procedentes da Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Maria e de uma área com plantio de eucalipto em Seropédica, todos tidos como com possibilidade de colonizar o gênero *Acacia*. Somente conseguiu-se resultado satisfatório na multiplicação dos fungos ectomicorrízicos após a redução da concentração salina (redução da quantidade de NaCl) e do pH do meio de cultura Merlin - Norkans (BRUNDRETT et al., 1996). A Tabela 3 mostra os isolados que se desenvolveram após a modificação do meio, apresentada na Tabela 4.

Tabela 3. Isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTO) utilizados nos experimentos de seleção de fungos eficientes para plantas do gênero *Acacia*.

Isolado de fungo ectomicorrízico	Identificação do isolado	Origem do isolado
<i>Pisolithus microcarpus</i>	UFSC Pt 116	Univ. Fed. Santa Catarina
<i>Pisolithus tinctorius</i>	UFSC Pt 24	Univ. Fed. Santa Catarina
<i>Pisolithus sp.</i> - Alb & Schwein	UFSC Pt 193	Univ. Fed. Santa Catarina
<i>Pisolithus tinctorius</i> – Coker & Couch	O 64–ITA 6	Itamarandiba – MG
<i>Pisolithus microcarpus</i> – Cooke & Masee	UFSC Pt 187	Lavras – MG
<i>Pisolithus sp.</i> - Alb & Schwein	O 40–ORS 7870	Senegal

3.3 Aplicação dos Tratamentos e Condução dos Experimentos

Para os experimentos com FMAs, o inoculante de cada espécie foi colocado no orifício de plantio no ato do transplante das sementes pré-germinadas. Foram utilizados inoculantes composto de solo, onde se cultivou capim braquiária (*Brachiaria decumbens*), contendo esporos, fragmentos de hifas e pedaços de raízes colonizadas. Aplicou-se 3 mL de inoculante por vaso, quantidade esta que inocula pelo menos 50 esporos de cada espécie de FMAs avaliada, além de outras formas de propágulos que podem existir no inóculo, que resultaram em um NMP de propágulos infectivos de pelo menos 2.919.282 unidades por mL de inóculo (Tabela 2). Não foi feito o equilíbrio da quantidade de propágulos de FMAs entre os diferentes tratamentos, pois considerou-se que estava sendo aplicado para todas as espécies de FMAs testadas um excesso de inoculante, representado por um número de esporos superior ao necessário para se obter uma boa colonização das plantas (SIQUEIRA et al., 1994), além dos demais propágulos.

Nos experimentos com fungos ectomicorrízicos, os isolados foram multiplicados em placa de Petri. Selecionaram-se as placas que apresentavam, no mínimo, 80% da superfície do meio de cultura coberto pela colônia e, destas foram retirados discos de 10 mm de diâmetro das bordas da colônia, transferindo-os para os vasos ao redor das sementes pré-germinadas no momento do transplante, conforme sugerido por BRUNDRETT et al. (1996). Foram inoculados 4 discos de 10 mm de diâmetro em cada parcela (vaso), sendo este o dobro da quantidade sugerida para o estabelecimento da simbiose (BRUNDRETT et al., 1996).

Tabela 4. Composição do meio de cultura Melin-Norkans Modificado (MNM) utilizado para multiplicação dos fungos ectomicorrízicos.

Ingredientes	Quantidade
CaCl ₂	50,0 mg
NaCl.....	25,0 mg
KH ₂ PO ₄	50,0 mg
(NH ₄) ₂ HPO ₄	25,0 mg
MgSO ₄ .7H ₂ O.....	15,0 mg
FeCl ₃	1,2 mg
Tiamina – HCl.....	100,0 µg
Extrato de malte.....	3,0 g
Glicose.....	10,0 g
Ágar-ágar.....	15,0 g
Água destilada (q.s.p.).....	1000,0 mL

(pH=5,8)

Em todos os experimentos de seleção de FMAs e de fECTOs, os vasos foram inoculados com duas estirpes de bactérias noduladoras e fixadoras de nitrogênio atmosférico recomendadas pela a Embrapa Agrobiologia para as espécies de *Acacia* estudadas. Foram utilizadas as estirpes BR3609 e BR6009 para *Acacia mangium*, as estirpes BR3609 e BR3465 para *Acacia auriculiformis* e as estirpes BR4406 e BR5806 para *Acacia holosericea*. Em cada vaso adicionou-se 1 mL da mistura das duas estirpes fixadoras crescidas em meio 79 semi-sólido, contendo, no mínimo, 10⁸ Unidades Formadoras de Colônia.

3.4 Avaliações dos Experimentos

Os experimentos que selecionaram os FMAs foram conduzidos por 120 dias, e os experimentos com fECTO foram conduzidos por 150 dias, devido ao menor crescimento das plantas neste último. O crescimento vegetativo das plantas foi acompanhado pela avaliação mensal da altura (cm) e diâmetro do colo (mm).

No final da condução dos experimentos, as plantas foram colhidas e, separada a parte aérea das raízes. A parte aérea foi pesada fresca e a área foliar foi medida através do medidor de área foliar LI-COR MODEL 3100 AREA METER, sendo em seguida seca em estufa de circulação de ar a 68 °C e, após seca, foi tomado seu peso (MPAS). As raízes foram lavadas em água corrente e em seguida pesadas. Retirou-se de cada repetição uma amostra de 1 g para a avaliação da colonização micorrízica. Estas amostras foram clarificadas e coloradas segundo KOSKE & GEMMA (1989) e GRACE & STRIBLEY (1991) e então, levadas ao microscópio óptico (200x) para a avaliação da colonização micorrízica, conforme McGONIGLE et al. (1990). O restante do material de raízes foi seco em estufa a 68 °C para a quantificação da massa seca (MRS).

Para as raízes dos experimentos com ectomicorrizas, os tamanhos das amostras, a clarificação e a coloração foram as mesmas descritas anteriormente. A determinação da colonização radicular foi feita pela técnica das intersecções de GIOVANETTI & MOSSE (1980), modificada por BRUNDRETT et al. (1996).

No solo dos experimentos com FMAs foi quantificado o número dos esporos desses fungos presentes numa amostra de 50 g de solo. Os esporos foram separados do solo pela associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN & NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1964). Posteriormente foi realizada contagem em placas de acrílico com anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópico (40x).

A eficiência simbiótica dos fungos foi estimada pelo peso da parte aérea seca (PPAS) para cada espécie de FMAs (tratamento) através da equação:

$$\text{Eficiência simbiótica (\%)} = \frac{\text{PPAS do tratamento inoculado} - \text{PPAS do tratamento não inoculado}}{\text{PPAS do tratamento não inoculado}} \times 100$$

O resultado desta equação dá valores percentuais que indicam quanto que a diferença de crescimento promovida pela inoculação de determinada espécie de FMA é superior ao tratamento não inoculado.

Para análise estatística dos dados, foi feita a avaliação da normalidade dos dados (teste de Lilliefors), homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Cochran & Bartlett) utilizando o programa estatístico SAEG versão 5.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – Universidade Federal de Viçosa). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (Sistema de Análise de Variância, versão 5.0 – Universidade Federal de Lavras).

3.5 Experimentos de Combinações de Fungos Micorrízicos Arbusculares e Ectomicorrízico

Após a seleção dos melhores FMAs e do melhor fECTO, para cada espécie arbórea, foram montados mais três experimentos, onde foram co-inoculadas as espécies de FMAs e o isolado de fECTO selecionados nos experimentos anteriores. Os tratamentos para cada espécie arbórea encontram-se discriminados na Tabela 5. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 16 tratamentos e 4 repetições. Foram selecionadas três espécies de FMAs e somente um isolado de fECTO, o qual proporcionou maior magnitude de colonização micorrízica nas três espécies de *Acacia* testadas, mesmo que este isolado não tenha diferido estatisticamente dos demais isolados testados nas variáveis analisadas nos experimentos anteriores.

3.5.1 Inoculação dos experimentos e condução

Na inoculação dos tratamentos com FMAs foram utilizados 3 mL da mistura de inóculos constituintes de cada tratamento. Nos tratamentos que continham o isolado ectomicorrízico, este foi inoculado adicionando-se 4 discos de colônia por vaso, tal como relatado para os experimentos anteriores. Os fungos foram inoculados no orifício de plantio no ato do transplante das sementes pré-germinadas e foram utilizados os mesmos inóculos de bactérias fixadoras de Nitrogênio, como já descrito nos experimentos anteriores. A aplicação de 3 mL de inoculante por vaso inoculou pelo menos 50 esporos de cada espécie de FMA contida no tratamento, além de outras formas de propágulos que existem no inóculo, como fragmentos de hifas e raízes colonizadas que resultaram em um alto NMP (Tabela 2).

Tabela 5. Espécies ou isolados de fungos micorrízicos e combinações destes para avaliação da co-inoculação mais eficiente para espécies do gênero *Acacia*.

Espécies ou Isolados de Fungos Micorrízicos e combinações	Tratamentos
<i>Acaulospora morrowiae</i>	Tratamento 1
<i>Scutellospora calospora</i>	Tratamento 2
<i>Scutellospora heterogama</i>	Tratamento 3
O64 – ITA 6	Tratamento 4
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	Tratamento 5
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	Tratamento 6
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	Tratamento 7
<i>A. morrowiae</i> +O64 – ITA 6	Tratamento 8
<i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	Tratamento 9
<i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	Tratamento 10
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	Tratamento 11
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	Tratamento 12
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	Tratamento 13
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	Tratamento 14
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	Tratamento 15
Tratamento não Inoculado	Tratamento 16

Legenda: *A. morrowiae*: *Acaulospora morrowiae*; *S. calospora*: *Scutellospora calospora*; *S. heterogama*: *Scutellospora heterogama*; O64 – ITA 6: *Pisolithus tinctorius* Cooke & Masse;

3.5.2 Avaliações dos experimentos de combinações de FMAs e fECTO

Os experimentos foram conduzidos por 120 dias, e o crescimento vegetativo das plantas foi acompanhado pela avaliação mensal da altura (cm) e diâmetro do colo (mm) das plantas.

As avaliações de área foliar e massa de parte aérea seca e raízes, assim como as amostragens e avaliações da colonização de FMAs e fECTO e esporos de FMAs foram feitas tal como descrito para os experimentos anteriores.

Nos experimentos de combinações de inoculação é proposto a estimativa da eficácia simbiótica dos tratamentos pelo peso da parte aérea seca (PPAS) e sua colonização micorrízica. Através deste índice proposto foi possível verificar a porcentagem de incremento na matéria seca das plantas por cada unidade de porcentagem de colonização micorrízica e o resultado desta fórmula dá valores em UES (unidade de eficácia simbiótica), através da equação apresentada:

$$\text{Eficácia simbiótica (ues)} = \frac{[(\text{PPAS planta inoculada} / \text{PPAS planta não inoculada}) * 100]}{\text{porcentagem (\%) colonização radicular}} - 100$$

Para análise estatística dos dados, foi feita a avaliação da normalidade dos dados (teste de Lilliefors), homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Cochran & Bartlett) utilizando o programa estatístico SAEG versão 5.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – Universidade Federal de Viçosa). Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios comparados entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (Sistema de Análise de Variância, versão 5.0 – Universidade Federal de Lavras).

Para estes experimentos, aplicou-se a análise multivariada para cada planta de *Acacia* com a finalidade de agrupar as inoculações. A representação simplificada das distâncias Euclidianas foi feita por meio de um dendrograma, obtido pelo programa Statistica através do Unweighted Pair-group Average, efetuado pelo coeficiente de Pearson-r (STATSOFT, 1993).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Eficiência Simbiótica de FMAs para as Espécies de *Acacia*

4.1.1 *Acacia mangium*

As alturas das plantas de *Acacia mangium* em diferentes épocas após o plantio são apresentadas na Tabela 6. Aos 30 dias após o plantio já se observava efeito significativo das diferentes espécies de FMAs inoculadas. Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama* proporcionaram maior altura de *A. mangium* que os demais. Aos 60 dias após o plantio, junta-se a estes fungos mencionados a espécie *Scutellospora gilmorei*, todos proporcionando maior crescimento da *A. mangium* que os demais tratamentos. Aos 60 dias também se destacam os fungos *Entrophospora contigua* e *Gigaspora margarita* que proporcionavam maior altura que as plantas controle não inoculadas. Aos 90 dias após o plantio esses seis fungos (*A. morrowiae*, *S. calospora*, *S. heterogama*, *S. gilmorei*, *E. contigua* e *G. margarita*) não diferem entre si e promovem crescimento superior aos demais tratamentos. Este efeito se mantém até aos 120 dias, sendo que nesta ocasião os fungos *Entrophospora colombiana* e *Glomus clarum* também passam a proporcionar à *A. mangium* um crescimento superior ao das plantas não inoculadas.

As espécies de FMAs podem variar no tempo de estabelecimento da simbiose eficiente nas plantas, pois as interações do fenótipo do fungo e do da planta e destes com o ambiente são determinantes da eficiência simbiótica (ABBOTT et al., 1992). Os FMAs apresentam ampla variação quanto a essa capacidade e, portanto, torna-se essencial que a mesma seja avaliada quando se pretende explorar os benefícios de simbiontes isolados ou presentes em determinadas condições (LAMBAIS & MEHDY, 1993; SIEVERDING, 1992).

Tabela 6. Altura de plantas de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Altura de plantas de <i>Acacia mangium</i> (cm)			
	30dias	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora laevis</i>	3,38 b	5,30 c	7,84 b	10,08 c
<i>Acaulospora morrowiae</i>	6,02 a	16,54 a	22,38 a	27,10 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	3,60 b	6,78 c	10,88 b	15,78 b
<i>Entrophospora contigua</i>	4,90 b	12,28 b	20,52 a	27,40 a
<i>Gigaspora margarita</i>	3,80 b	10,76 b	18,74 a	25,18 a
<i>Glomus clarum</i>	3,84 b	5,50 c	9,50 b	13,20 b
<i>Scutellospora calospora</i>	6,32 a	17,44 a	23,08 a	27,90 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	4,32 b	16,68 a	23,38 a	28,84 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	6,18 a	14,80 a	19,34 a	22,60 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	3,54 b	4,74 c	7,56 b	9,12 c
Controle Não Inoculado	3,70 b	5,24 c	6,00 b	6,30 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	19,14	17,38	21,18	23,09

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Em relação à altura das plantas, verifica-se no presente experimento que *A. morrowiae*, *S. calospora*, *S. heterogama*, *S. gilmorei* já se destacavam entre 30 e 60 dias após o plantio, promovendo neste período um incremento médio superior a 10 cm na altura das plantas. Após este crescimento acelerado, possivelmente devido à limitação do recipiente para a continuidade do aprofundamento e crescimento radicular, o ritmo de crescimento das

plantas inoculadas com estes fungos diminuiu, passando a ser em média 5,7 cm entre 60 e 90 dias e 4,6 cm entre 90 e 120 dias. Desta forma, com o tempo outros fungos, um pouco menos eficientes em promover o crescimento de *A. mangium*, mas que também proporcionaram benefícios, estimularam o crescimento das plantas que atingiram desenvolvimentos semelhantes aos dos primeiros fungos.

O diâmetro do colo das plantas de *Acacia mangium* em diferentes tempos após o plantio é apresentado na Tabela 7. Aos 60 dias após o plantio foi observado efeito significativo das diferentes espécies de fungos inoculadas para esta variável. Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama* proporcionaram maior diâmetro do colo de *A. mangium* que os demais fungos testados, seguidos de *Entrophospora contigua* e *Gigaspora margarita*, que conferiram a *Acacia* um diâmetro superior ao tratamento não inoculado. Os demais fungos não promoveram aumentos no diâmetro do colo, não diferindo do controle não inoculado. Aos 90 dias após o plantio as espécies *Entrophospora contigua* e *Gigaspora margarita* igualam o diâmetro do colo aos dos primeiros três fungos citados, sendo que *Scutellospora heterogama* continuava se destacando em relação ao tratamento não inoculado. Aos 120 dias após o plantio, os fungos *A. morrowiae*, *E. contigua*, *S. calospora*, *S. heterogama* e *S. gilmorei* não diferem entre si e promovem diâmetro do colo superior aos demais tratamentos. Nesta época apenas *Acaulospora laevis* e *Scutellospora pellucida* não diferiram do tratamento não inoculado.

Os resultados de diâmetro do colo corroboram os resultados de altura de plantas (Tabela 6). Isto sugere que os incrementos proporcionados pelos fungos ao desenvolvimento vegetativo das plantas foram consonantes, indicando não estiolamento das plantas e que os fungos que se destacaram realmente são eficientes em promover o crescimento de *A. mangium*.

Tabela 7. Diâmetro do colo de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Diâmetro do colo de <i>Acacia mangium</i> (mm)		
	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora laevis</i>	0,91 d	1,20 c	1,42 c
<i>Acaulospora morrowiae</i>	2,00 a	2,75 a	3,22 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	0,96 d	1,64 c	2,10 b
<i>Entrophospora contigua</i>	1,68 b	2,50 a	3,32 a
<i>Gigaspora margarita</i>	1,36 c	2,32 a	2,96 b
<i>Glomus clarum</i>	0,93 d	1,39 c	1,70 b
<i>Scutellospora calospora</i>	2,27 a	2,96 a	3,42 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	2,15 a	3,10 a	3,52 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	1,95 a	2,60 b	3,10 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	0,79 d	1,26 c	1,32 c
Controle Não Inoculado	0,81 d	1,08 c	1,12 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	19,50	16,92	18,82

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Os valores de massa seca da parte aérea e raízes aos 120 dias após o plantio são apresentados na Tabela 8. As plantas de *A. mangium* quando inoculadas com os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei*, apresentaram maior massa da parte aérea seca (MPAS) quando comparado aos demais tratamentos. *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita* e *Scutellospora heterogama* apresentaram

MPAS superior ao do tratamento não inoculado. Os demais não diferiram desta testemunha (Tabela 8).

Para a massa das raízes secas (MRS), embora semelhante, o comportamento diferiu ligeiramente da outra avaliação de MPAS. Os fungos *Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei* favoreceram maior massa radicular da espécie, sendo inclusive superior à do fungo *Acaulospora morrowiae*. Este último não diferiu de *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita* e *Scutellospora heterogama*, entretanto, todos estes foram superiores aos demais fungos. *G. clarum* apresentou maior PRS que o tratamento não inoculado e os demais fungos não diferiram deste controle.

Os melhores fungos (*Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei*) proporcionaram uma massa média de raízes secas de 3,40 g, ou seja, aproximadamente 17 vezes maior do que o encontrado no tratamento controle não inoculado, evidenciando a importância dos fungos micorrízicos no desenvolvimento do sistema radicular das plantas de *A. mangium*.

Tabela 8. Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	MPAS (g)	MRS (g)	MPSA/MRS
<i>Acaulospora laevis</i>	0,38 c	0,50 d	1,96 b
<i>Acaulospora morrowiae</i>	2,84 a	2,87 b	2,29 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	0,72 c	1,42 c	1,56 b
<i>Entrophospora contigua</i>	2,02 b	2,56 b	2,85 a
<i>Gigaspora margarita</i>	2,00 b	2,19 b	2,89 a
<i>Glomus clarum</i>	0,52 c	0,90 c	1,56 b
<i>Scutellospora calospora</i>	3,20 a	3,32 a	3,12 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	3,05 a	3,53 a	3,00 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	2,34 b	2,61 b	2,64 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	0,33 c	0,53 d	2,06 b
Controle Não Inoculado	0,07 c	0,19 d	0,55 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	27,6	29,5	21,7

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Calculando a relação parte aérea:raízes para *Acacia mangium*, verifica-se que as inoculações realizadas com *Acaulospora morrowiae*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama* propiciaram os maiores valores para esta variável, seguidos dos tratamentos *Acaulospora laevis*, *Entrophospora colombiana*, *Glomus clarum* e *Scutellospora pellucida*, os quais diferem do controle não inoculado, sendo o único tratamento que apresentou crescimento do sistema radicular maior do que da parte aérea (Tabela 8).

A área foliar das plantas aos 120 dias após o plantio é apresentada na Figura 1. Esta variável mostra mais claramente a diferença de crescimento das plantas entre os tratamentos. Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei* foram os que proporcionaram maior área foliar, não diferindo entre si. As espécies *Acaulospora laevis* e *Scutellospora pellucida* foram as que proporcionaram menor incremento na área foliar, não diferindo estatisticamente do tratamento não inoculado apesar de terem mais que o dobro da área foliar deste último. As demais espécies de FMAs promoveram área foliar inferior às das três primeiras espécies citadas, mas superior a *Acaulospora laevis* e *Scutellospora pellucida*.

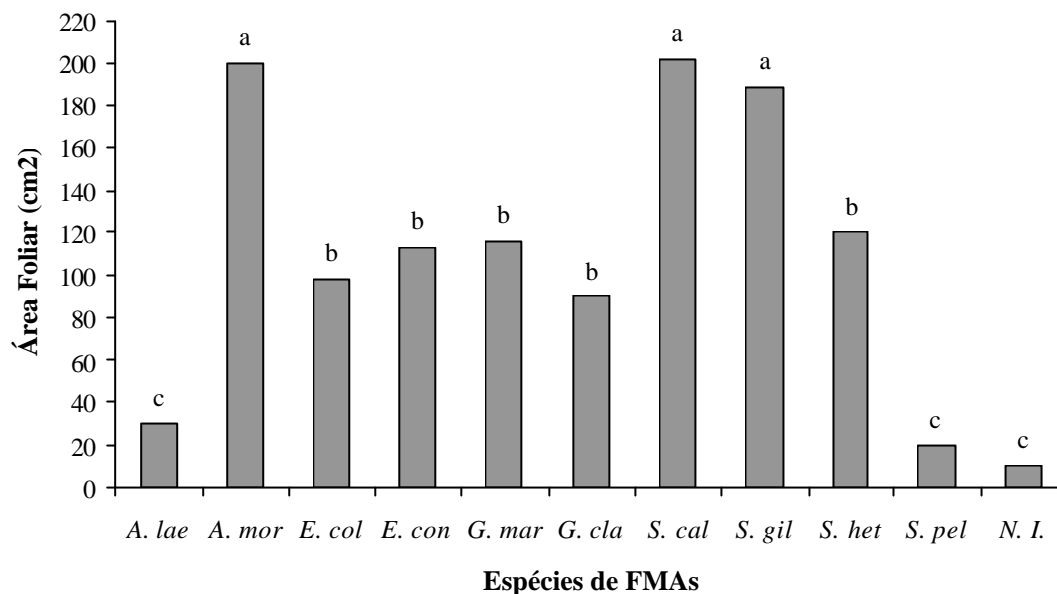


Figura 1. Área foliar de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. *A. lae*: *Acaulospora laevis*; *A. mor*: *Acaulospora morrowiae*; *E. col*: *Entrophospora colombiana*; *E. con*: *Entrophospora contigua*; *G. mar*: *Gigaspora margarita*; *G. cla*: *Glomus clarum*; *S. cal*: *Scutellospora calospora*; *S. gil*: *Scutellospora gilmorei*; *S. het*: *Scutellospora heterogama*; *S. pel*: *Scutellospora pellucida*; *N.I.*: Tratamento não Inoculado; Barras com mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

A quantificação da micorrização e nodulação das plantas estão apresentadas na Tabela 9. A colonização micorrízica apresentou grande variação entre as diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares testadas. Valores elevados (acima de 80%) foram encontrados para a colonização das espécies *Scutellospora heterogama* e *Entrophospora colombiana*, que apresentaram colonização radicular superior às demais espécies. *Scutellospora gilmorei*, *Acaulospora morrowiae* e *Scutellospora calospora* também apresentaram colonização bastante elevada, acima de 70%, superiores estatisticamente à *Gigaspora margarita* que apresentou colonização de 64%. *Glomus clarum* e *Entrophospora contigua* apresentaram valores de colonização intermediários (entre 49% e 55%), inferiores à *Gigaspora margarita*. Os fungos *Scutellospora pellucida* e *Acaulospora laevis* foram os que apresentaram as menores colonizações micorrízicas (39 e 22% respectivamente). No tratamento não inoculado não foi observada colonização micorrízica, indicando a ausência de contaminação dos vasos que compunham este tratamento (Tabela 9).

Os fungos que apresentaram-se mais eficientes em promover o crescimento de *A. mangium* (*Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei*) apresentaram colonização micorrízica na faixa de 70%, o que aparentemente forneceu um equilíbrio ideal para *A. mangium* entre benefício micorrízico e o dreno de fotossintatos pelo fungo. Colonizações acima de 80% não apresentaram eficiência máxima em promover o crescimento de *Acacia mangium*, assim como as colonizações abaixo de 70% (Figura 1). Colonizações micorrízicas abaixo de 40% mostraram-se ineficazes em promover o crescimento de *Acacia mangium*. Como para algumas plantas este é considerado um nível bom de colonização (ZANGARO FILHO, 1997) pode ser que *Acacia mangium*, na condição

de disponibilidade de fósforo no solo do estudo, tenha baixo controle sobre sua colonização radicular e os fungos ineficientes possam promover dreno considerável de carboidratos sem retorno em crescimento.

Tabela 9. Colonização micorrízica, número de esporos, número de nódulos e massa da matéria seca de nódulos de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Fungos micorrízicos		Nódulos radiculares	
	Colonização	Esporos	Número	Massa
	%	Nº.50g ⁻¹ de solo seco	Nº. planta ⁻¹	g . planta ⁻¹
<i>Acaulospora laevis</i>	22 f	214 c	0,0 b	0,00 b
<i>Acaulospora morrowiae</i>	74 b	411 a	50,6 a	0,03 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	84 a	349 b	0,0 b	0,00 b
<i>Entrophospora contigua</i>	49 d	336 b	12,0 b	0,01 b
<i>Gigaspora margarita</i>	64 c	218 c	32,2 a	0,03 a
<i>Glomus clarum</i>	55 d	383 a	1,4 b	0,00 b
<i>Scutellospora calospora</i>	73 b	226 c	34,0 a	0,03 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	79 b	297 b	33,8 a	0,02 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	89 a	360 b	35,4 a	0,02 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	39 e	169 c	0,0 b	0,00 b
Controle Não Inoculado	0 g	0 d	0,0 b	0,00 b
C.V. ⁽¹⁾ (%)	10,8	14,9	61,4*	0,84*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

*: Dados transformados pela equação: $x = \text{raiz quadrada de } x + 0,5 e$, apresentados destransformados.

Para o número de esporos, verificou-se que *Acaulospora morrowiae* e *Glomus clarum* foram os fungos que mais esporularam em simbiose com a *Acacia mangium*, 411 e 383 esporos em 50 g de solo seco. As espécies *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama*, apresentaram em média 335 esporos em 50 g de solo, não diferindo entre elas. *Acaulospora laevis*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora pellucida* foram os FMAs que proporcionaram menor número de esporos, sendo em média 207 esporos em 50 g de solo. Não se observou esporulação no tratamento não inoculado.

Excluindo-se o tratamento controle, o número de esporos encontrados não apresentou correlação significativa nem com a colonização micorrízica ($r = 0,52$), nem com o peso da parte aérea seca ($r = 0,21$), confirmando-se o conceito generalizado na literatura de que a esporulação dos FMAs é pouco afetada pela colonização micorrízica e tem pouca relação com a eficiência do fungo promover crescimento. Isto sugere que a quantidade de esporos originados na simbiose micorrízica é uma peculiaridade de cada espécie de FMA (SOUZA et al., 2003).

A nodulação por bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico em *A. mangium* não foi encontrada em todos os tratamentos, embora todos tenham sido inoculados. *Acaulospora morrowiae*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei*, *Scutellospora heterogama* promoveram maior número e peso de nódulos. Os demais tratamentos não diferiram do tratamento não inoculado. Excetuando-se *Entrophospora colombiana* (84% de colonização micorrízica) a nodulação foi encontrada somente nos tratamentos onde a porcentagem de colonização micorrízica foi superior a 49%. Nos estudos envolvendo as micorrizas arbusculares e a nutrição nitrogenada das leguminosas, verifica-se uma relação sinérgica, resultante de efeitos indiretos da micorrização na nodulação e fixação biológica do N₂ (COSTA et al., 1990).

Os efeitos dos FMAs sobre o crescimento e a modulação de leguminosas já são bem conhecidos (BAREA & AZCÓN-AGUILAR, 1983; CARDOSO, 1985; CARDOSO, 1986; GUZMAN-PLAZOLA & FERRERA-CERRATO, 1990). Segundo BAREA et al. (1992), os principais papéis dos FMAs para as leguminosas são o fornecimento de P para a planta hospedeira e o suprimento da alta demanda desse nutriente para os nódulos. O processo de FBN é altamente exigente em energia na forma de ATP, de modo que o adequado suprimento de P proporcionado pelos FMAs beneficia esse processo. Segundo DE LA CRUZ et al. (1988), *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* são exemplos de leguminosas que apresentam melhor desenvolvimento e nodulação quando inoculadas com FMAs. O presente trabalho corrobora estas observações, sendo observada altas correlações entre o peso da parte aérea seca e o número e peso de nódulos ($r = 0,91$). Isto indica claramente o efeito sinérgico da inoculação de FMAs eficientes e de nodulação para promover o crescimento de *A. mangium*.

A eficiência simbiótica é apresentada na Figura 2. Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei* foram os mais eficientes para promover o crescimento de *A. mangium*, proporcionando um crescimento da planta, cerca de 4000% maior que o da planta não inoculada. *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita* e *Scutellospora heterogama* também apresentaram boa eficiência simbiótica promovendo o crescimento da planta em torno de 3000% superior ao da planta não inoculada. Os fungos *E. colombiana* e *G. clarum* com uma eficiência simbiótica moderada, promoveram de 600 a 900 % o crescimento da planta em relação à testemunha não inoculada. Os fungos *A. laevis* e *S. pellucida* foram considerados de baixa eficiência comparados aos demais fungos, mas mesmo assim promoveram um crescimento de 350 a 430% superior ao da testemunha não inoculada.

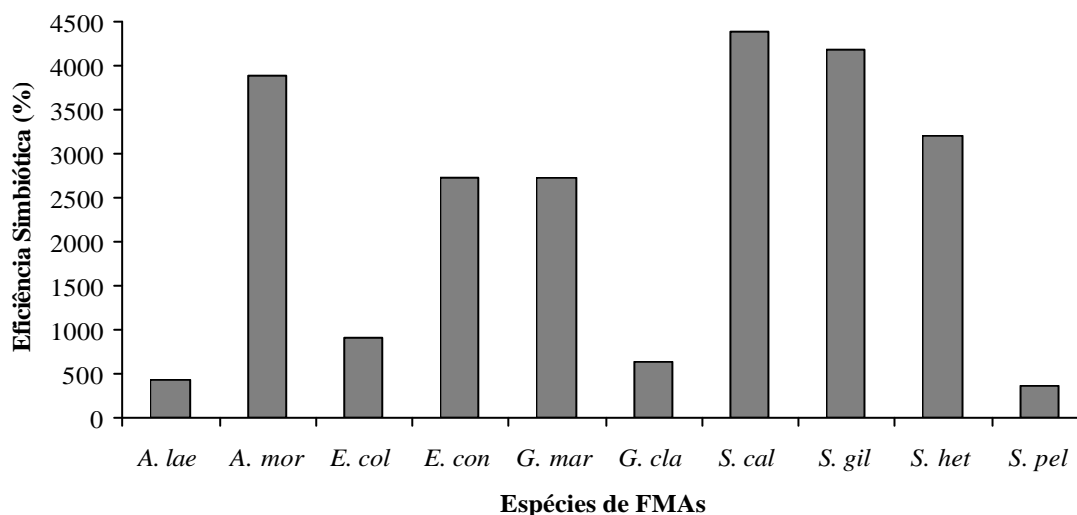


Figura 2. Eficiência simbiótica (%) calculada com base na massa da parte aérea seca de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. A. lae: *Acaulospora laevis*; A. mor: *Acaulospora morrowiae*; E. col: *Entrophospora colombiana*; E. con: *Entrophospora contigua*; G. mar: *Gigaspora margarita*; G. cla: *Glomus clarum*; S. cal: *Scutellospora calospora*; S.gil: *Scutellospora gilmorei*; S. het: *Scutellospora heterogama*; S. pel: *Scutellospora pellucida*.

O desenvolvimento vegetativo da *Acacia mangium* proporcionado por todas as espécies de FMAs, juntamente com sua grande colonização micorrízica fornece um indicativo de grande dependência desta espécie vegetal à associação micorrízica. Para a comprovação

desta afirmação seria necessário analisar a planta sob diferentes níveis de fósforo disponível no solo. A grande diferença de eficiência das espécies de FMAs sugere uma alta preferência da planta pelo fungo ou vice-versa.

Os fatores que condicionam o estabelecimento de cada fungo simbiote na planta e os que influenciam a sua eficiência na promoção do crescimento e da adaptabilidade da planta ao ambiente não são totalmente conhecidos (SMITH & READ, 1997). Esses resultados podem evidenciar a preferência de alguns FMAs em colonizarem determinadas espécies de plantas. Algumas plantas, através de seus exsudatos radiculares, podem estimular a germinação de esporos e crescimento micelial dos fungos micorrízicos arbusculares (SIQUEIRA et al., 1986; ELIAS & SAFIR, 1987; COLOZZI-FILHO & BALOTA, 1994), e assim, também “escolher” certos fungos.

4.1.2 *Acacia holosericea*

As alturas das plantas de *Acacia holosericea* em diferentes tempos após o plantio são apresentadas na Tabela 10. Aos 30 dias após o plantio já se observava efeito significativo das diferentes espécies de fungos inoculadas, sendo que o FMA *Scutellospora calospora* foi o que promoveu maior altura de planta (7,9 cm), cerca de duas vezes maior do que o tratamento não inoculado (3,6 cm). Na seguinte seqüência, *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora morrowiae* e *Scutellospora gilmorei* proporcionaram acréscimo na altura de *Acacia holosericea*, sendo os incrementos um superior ao do outro na ordem de apresentação. Todos os três promoveram crescimento superior ao da testemunha não inoculada. Os demais fungos não diferiram desta testemunha.

Tabela 10. Altura de plantas de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Altura de plantas de <i>Acacia holosericea</i> (cm)			
	30dias	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora laevis</i>	3,36 e	7,95 b	10,38 b	16,66 b
<i>Acaulospora morrowiae</i>	5,52 c	18,62 a	22,60 a	27,34 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	3,22 e	5,60 c	9,24 b	13,30 b
<i>Entrophospora contigua</i>	3,98 e	8,88 b	13,66 b	17,86 b
<i>Gigaspora margarita</i>	3,28 e	7,70 b	12,10 b	16,06 b
<i>Glomus clarum</i>	3,28 e	4,26 c	5,06 c	6,08 c
<i>Scutellospora calospora</i>	7,90 a	17,20 a	22,60 a	27,08 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	4,86 d	17,62 a	21,80 a	26,94 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	6,52 b	16,78 a	21,24 a	25,64 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	3,60 e	8,52 b	13,10 b	18,56 b
Controle Não Inoculado	3,60 e	4,60 c	5,06 c	5,22 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	14,71	26,10	25,59	24,77

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A partir dos 60 dias após o plantio, as mesmas quatro espécies que se destacaram aos 30 dias (*Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora gilmorei*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama*) continuam promovendo efeitos superiores em relação às demais. Aos 60 dias os fungos *Acaulospora laevis*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora pellucida* promoveram maior altura que o controle não inoculado. Aos 90 dias junta-se a estas últimas espécies *Entrophospora colombiana* que passa a promover altura superior ao controle. Nesta época apenas a espécie *Glomus clarum* não promoveu crescimento

superior ao controle. Estes efeitos se mantêm até os 120 dias quando as plantas foram colhidas (Tabela 10).

As quatro espécies de fungos micorrízicos que se destacaram desde o início da condução experimental, apresentaram visualmente mudas maiores e mais robustas em relação aos demais tratamentos. A altura média das plantas inoculadas com *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora gilmorei*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama* foi de 26,75 cm, cinco vezes maior do que o tratamento não inoculado (5,22 cm), indicando uma alta eficiência destes fungos para *A. holosericea*.

O diâmetro do colo das plantas de *Acacia holosericea* em diferentes tempos após o plantio é apresentado na Tabela 11. O comportamento a partir dos 60 dias após o plantio foi idêntico ao observado para altura de plantas, confirmando que os incrementos proporcionados pelos fungos a *Acacia holosericea* foram os mesmos para altura e diâmetro do colo, o que indica ausência de estiolamento e resposta consistente à eficiência dos fungos.

Tabela 11. Diâmetro do colo de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Diâmetro do colo de <i>Acacia holosericea</i> (mm)		
	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora laevis</i>	1,22 b	1,70 b	2,14 b
<i>Acaulospora morrowiae</i>	2,39 a	2,93 a	3,30 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	0,85 c	1,35 c	1,62 b
<i>Entrophospora contigua</i>	1,32 b	1,87 b	2,14 b
<i>Gigaspora margarita</i>	1,15 b	1,75 b	1,98 b
<i>Glomus clarum</i>	0,74 c	0,94 c	1,09 c
<i>Scutellospora calospora</i>	2,58 a	2,95 a	3,21 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	2,15 a	2,80 a	3,15 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	2,23 a	2,63 a	3,04 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	1,13 b	1,75 b	2,15 b
Controle Não Inoculado	0,70 c	0,95 c	0,96 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	17,47	20,63	20,34

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A massa da parte aérea seca (MPAS) e a massa das raízes secas são apresentadas na Tabela 12. Houve comportamento idêntico ao observado na altura e diâmetro do colo ao final da condução do experimento. Os tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama* e *Scutellospora gilmorei* promovem maior massa da parte aérea seca e de raízes secas que os demais tratamentos. Estes exceto os tratamentos *Entrophospora colombiana* e *Glomus clarum*, foram superiores a testemunha não inoculada. A MPAS dos fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama* e *Scutellospora gilmorei* em média apresentam valores maiores do que a testemunha em torno de 33 vezes (Tabela 12).

A relação parte aérea:raízes (peso da massa seca) para *Acacia holosericea* nos tratamentos inoculados foi superior a 2,0, exceto para *Glomus clarum* que foi 1,83, que apresentaram-se muito superiores ao tratamento não inoculado, que apresentou valor da relação parte aérea:raízes de 0,43 (Tabela 12). Isto indica que mesmo fungos que demonstraram ser pouco eficientes para *Acacia holosericea*, como *Glomus clarum*, proporcionaram incrementos na parte aérea, e suprimiram o conseqüente aumento da absorção de nutrientes, pela presença de seu micélio, sem a planta ter de investir no crescimento radicular.

Tabela 12. Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	MPAS (g)	MRS (g)	MPSA/MRS
<i>Acaulospora laevis</i>	1,48 b	0,48 b	3,75 a
<i>Acaulospora morrowiae</i>	2,80 a	0,87 a	3,24 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	0,74 c	0,36 b	2,06 b
<i>Entrophospora contigua</i>	1,24 b	0,45 b	2,72 a
<i>Gigaspora margarita</i>	1,23 b	0,50 b	2,41 a
<i>Glomus clarum</i>	0,14 c	0,10 c	1,83 b
<i>Scutellospora calospora</i>	2,78 a	0,91 a	3,07 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	2,48 a	0,77 a	3,20 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	2,55 a	0,79 a	3,30 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	1,27 b	0,48 b	2,50 a
Controle Não Inoculado	0,08 c	0,19 c	0,43 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	32,89	30,60	31,23

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A área foliar das plantas de *Acacia holosericea* é apresentada na Figura 3. Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama*, proporcionaram maior área foliar, sendo seguidos dos fungos *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* que promoveram maior área foliar que o controle não inoculado. A área foliar das plantas inoculadas com *Acaulospora laevis* e *Scutellospora pellucida* não diferiram estatisticamente do tratamento não inoculado.

A colonização e esporulação micorrízica e o número e massa de nódulos de *Acacia holosericea* são apresentados na Tabela 13. A colonização micorrízica foi bastante elevada, com porcentagem variando entre 94% a 55% (Tabela 13). Este fato sugere que esta espécie vegetal tenha bastante dependência da simbiose, demonstrando susceptibilidade ao processo de colonização micorrízica. Os fungos *Acaulospora morrowiae* e *Scutellospora heterogama* foram os que apresentaram maior colonização micorrízica, 94% e 92%, respectivamente, sendo superior aos demais fungos. *Gigaspora margarita* (86%) e *Glomus clarum* (83%) os sucedem. A espécie *Scutellospora pellucida* foi o fungo que promoveu a menor colonização micorrízica (55%).

Os valores de colonização observados em *Acacia holosericea* foram superiores a *Acacia mangium*. Como o solo e a fertilidade e os fungos são os mesmos, verifica-se que a planta exerce grande influência na magnitude da colonização.

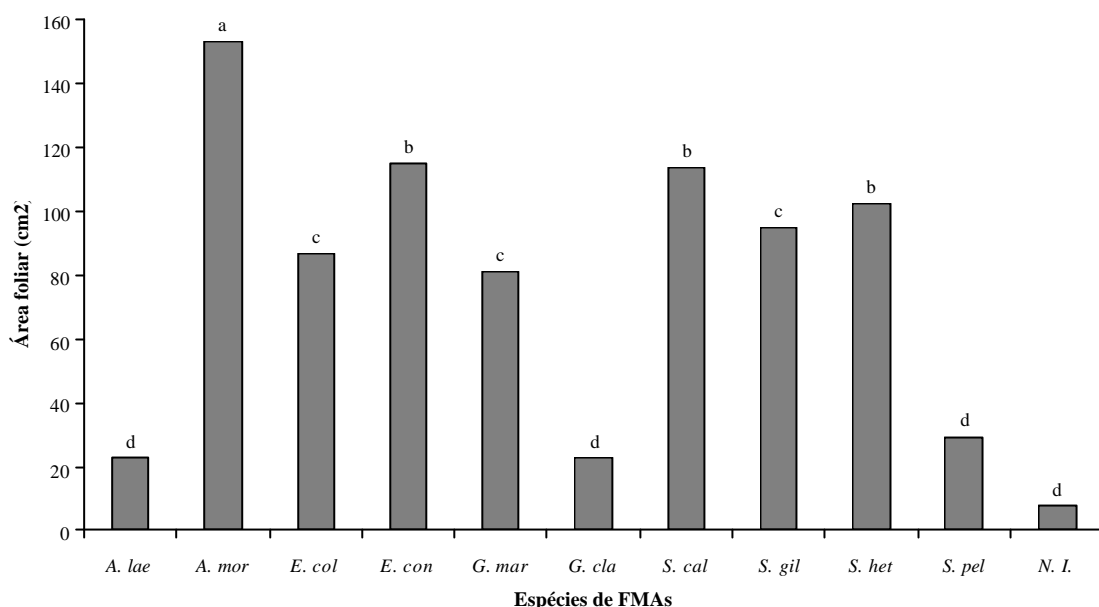


Figura 3. Área foliar de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. A. lae: *Acaulospora laevis*; A. mor: *Acaulospora morrowiae*; E. col: *Entrophospora colombiana*; E. con: *Entrophospora contigua*; G. mar: *Gigaspora margarita*; G. cla: *Glomus clarum*; S. cal: *Scutellospora calospora*; S. gil: *Scutellospora gilmorei*; S. het: *Scutellospora heterogama*; S. pel: *Scutellospora pellucida*; N.I. Tratamento Não Inoculado; Barras com mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

O número de esporos de FMAs na rizosfera de *Acacia holosericea* foi maior quando inoculou-se o fungo *Acaulospora morrowiae*, apresentando em 50 g de solo, 444 esporos. *Glomus clarum* e *Scutellospora heterogama* também destacaram dos demais fungos quanto à esporulação, apresentando em torno de 350 esporos por 50 g de solo. Foram seguidas pelas espécies *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua* e *Scutellospora gilmorei*, que apresentaram em torno de 300 esporos por 50 g. Em seqüência foi *Acaulospora laevis* e *Scutellospora calospora* com 270 e 237 esporos em 50 g respectivamente, e as espécies que menos esporularam na rizosfera de *Acacia holosericea* foram *Gigaspora margarita* e *Scutellospora pellucida*, 178 e 194 esporos em 50 g, respectivamente.

Observa-se que a ordem das espécies que mais esporulam é praticamente a mesma da ordem de *Acacia mangium* (Tabela 9). Isto indica que a esporulação é uma característica da espécie fúngica, embora possa ser influenciada pela combinação com diferentes plantas. A magnitude da esporulação de cada espécie de fungo em *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* foi também muito próxima. Isto sugere uma grande proximidade entre estas duas espécies de *Acacia* quanto a sua característica genética de se associar aos fungos micorrízicos.

A nodulação por bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico em *Acacia holosericea* não foi observada em todos os tratamentos (Tabela 13), como ocorrido também no experimento com *Acacia mangium* (Tabela 9) e foi muito mais baixa do que em *Acacia mangium*. Os fungos *Acaulospora laevis*, *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei*, foram os tratamentos que apresentaram maior nodulação nas raízes de *Acacia holosericea*. Os demais tratamentos fúngicos não diferiram daqueles onde houve ausência de nodulação.

Tabela 13. Colonização micorrízica, número de esporos, número de nódulos e massa da matéria seca de nódulos de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Fungos micorrízicos		Nódulos radiculares	
	Colonização	Esporos	Número	Massa
	%	Nº.50g ⁻¹ de solo seco	Nº. planta ⁻¹	g . planta ⁻¹
<i>Acaulospora laevis</i>	63 c	270 d	3,6 a	0,005 c
<i>Acaulospora morrowiae</i>	94 a	444 a	4,4 a	0,060 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	75 c	317 c	0,0 b	0,000 c
<i>Entrophospora contigua</i>	67 c	313 c	0,0 b	0,000 c
<i>Gigaspora margarita</i>	86 b	178 e	0,0 b	0,000 c
<i>Glomus clarum</i>	83 b	352 b	0,0 b	0,000 c
<i>Scutellospora calospora</i>	66 c	237 d	7,2 a	0,040 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	67 c	297 c	3,8 a	0,030 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	92 a	351 b	2,6 b	0,008 c
<i>Scutellospora pellucida</i>	55 d	194 e	1,2 b	0,003 c
Controle Não Inoculado	0 e	0,0 f	0,0 b	0,000 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	10,4	14,10	38,34*	0,58*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

*: Dados transformados pela equação: $x = \text{raiz quadrada de } x + 0,5 \text{ e, apresentados destralados.}$

A massa da matéria seca de nódulos reflete o observado no número de nódulos e também apresenta-se maior nos fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora gilmorei*. O fungo *Acaulospora laevis* que se destacou em número de nódulos, não se destacou na produção de massa de nódulos, sugerindo nódulos pouco ativos (HUNGRIA & BOHRER, 2000; BORGES, 2006), o que impediu uma boa correlação entre as variáveis. Este resultado é diferente dos encontrados na literatura, onde há correlações positivas entre o número e massa seca de nódulos (ROSAS & BLISS, 1986; FRANCO, 1993; ANDRIOLO et al., 1994).

Para *Acacia holosericea* não verificou-se uma relação clara entre colonização e nodulação, como encontrado por COSTA et al., (1990) e verificado no experimento com *Acacia mangium*. Entretanto, as plantas que mais nodularam estão entre as de maior crescimento sugerindo algum sinergismo entre a fixação biológica do N₂ e a micorrização. O sucesso no estabelecimento, nodulação e fixação de N nas leguminosas depende de uma nutrição fosfatada adequada e como as micorrizas aumentam a absorção de fósforo, este elemento é de grande valor para a melhoria da fixação do nitrogênio atmosférico, crescimento e efetiva nodulação da planta (PASCOVSKY et al., 1986). Tem sido demonstrado que as leguminosas micotróficas são incapazes de fazerem uso eficiente da simbiose com rizóbio se não estiverem devidamente micorrizadas (BAREA, AZCÓN-AGUILAR & ROLDAN-FAJARDO, 1984).

A eficiência simbiótica dos fungos calculada pela massa da parte aérea seca de *Acacia holosericea* em relação à testemunha não inoculada é apresentada na Figura 4. Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama* foram os mais eficientes para o crescimento de *Acacia holosericea*, promovendo o crescimento da planta em mais de 3000% em relação à testemunha não inoculada (Figura 4). As espécies de FMAs *Acaulospora laevis*, *Entrophospora contigua*, *Gigaspora margarita* e *Scutellospora pellucida* apresentaram eficiência simbiótica em torno de 1500% superior ao da planta não inoculada. O fungo *Entrophospora colombiana* apresentou uma eficiência simbiótica moderada, em torno de 800%, quando comparada com às anteriores, e *Glomus*

clarum uma eficiência baixa de 75%. A grande diferença de eficiência das espécies de FMAs sugere uma alta preferência de *Acacia holosericea* por determinados fungos ou vice-versa.

O resultado extremamente similar ao obtido em *Acacia mangium*, apenas de magnitude um pouco inferior, sugerem uma grande similaridade micotrófica entre estas espécies de *Acacia*. Também confirma que a micotrofia é uma característica genética altamente herdável que deve ser considerada nos programas de melhoramento de plantas. Estudos mais aprofundados do genoma destas duas espécies de *Acacia* poderiam evidenciar os genes envolvidos na sua micotrofia.

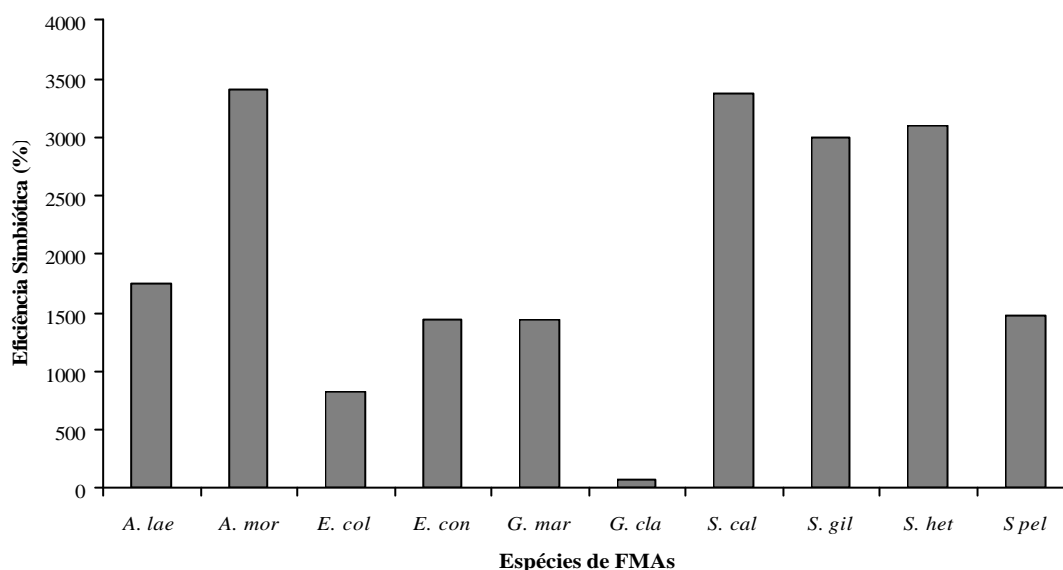


Figura 4. Eficiência simbiótica (%) calculada com base na massa de parte aérea seca de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. A. lae: *Acaulospora laevis*; A. mor: *Acaulospora morrowiae*; E. col: *Entrophospora colombiana*; E. con: *Entrophospora contigua*; G. mar: *Gigaspora margarita*; G. cla: *Glomus clarum*; S. cal: *Scutellospora calospora*; S.gil: *Scutellospora gilmorei*; S. het: *Scutellospora heterogama*; S. pel: *Scutellospora pellucida*.

4.1.3 *Acacia auriculiformis*

As alturas das plantas de *Acacia auriculiformis* em diferentes tempos após o plantio são apresentadas na Tabela 14. Com 30 dias de plantio, já foi possível observar efeito significativo das diferentes espécies de fungos micorrízicos inoculados, sendo *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama* as espécies que proporcionaram maior altura inicial para *A. auriculiformis*. Os demais fungos não diferiram do tratamento não inoculado. Aos 60 dias após o plantio, se junta aos fungos mencionados a espécie *Scutellospora gilmorei*, proporcionando maior crescimento que as demais espécies de FMAs. As espécies *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua* e *Gigaspora margarita*, não diferem estatisticamente entre si, mas são superiores às espécies *Acaulospora laevis*, *Scutellospora pellucida*, as quais não diferem do tratamento não inoculado.

Aos 90 dias após o plantio apenas os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora heterogama*, e *Scutellospora gilmorei* passam a promover maior crescimento que os demais fungos. As plantas inoculadas com *A. calospora* saem deste grupo de destaque e igualam-se às inoculadas com *Gigaspora margarita*, sendo, porém, maiores que as inoculadas com *E. contigua*. As demais espécies de FMAs promovem crescimento inferior não se diferenciando

do controle não inoculado. Este comportamento das espécies é mantido até os 120 dias, sendo a única exceção *Entrophospora colombiana* que passa a promover um crescimento superior ao controle não inoculado. Os fungos *Acaulospora laevis*, *Scutellospora pellucida* e *Glomus clarum* são os tratamentos que promoveram menor altura de plantas, não diferenciando estatisticamente do tratamento não inoculado. As espécies de FMA, *Acaulospora morrowiae* e *Scutellospora heterogama*, já destacavam quanto ao incremento da altura das plantas desde os 30 dias, e predominaram até os 120 dias do plantio do experimento.

Tabela 14. Altura de plantas de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Altura de plantas de <i>Acacia auriculiformis</i> (cm)			
	30dias	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora laevis</i>	5,00 b	6,74 c	7,02 d	7,44 e
<i>Acaulospora morrowiae</i>	5,66 a	16,30 a	20,64 a	26,04 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	4,64 b	7,66 b	9,44 d	12,26 d
<i>Entrophospora contigua</i>	4,60 b	9,36 b	13,18 c	17,16 c
<i>Gigaspora margarita</i>	5,02 b	9,70 b	16,26 b	22,04 b
<i>Glomus clarum</i>	4,26 b	6,00 c	6,90 d	7,16 e
<i>Scutellospora calospora</i>	6,46 a	14,54 a	18,64 b	22,56 b
<i>Scutellospora gilmorei</i>	5,20 b	16,44 a	21,58 a	26,12 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	6,56 a	15,80 a	20,06 a	24,94 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	4,14 b	5,94 c	7,50 d	9,18 e
Controle Não Inoculado	3,52 b	4,66 c	5,04 d	5,52 e
C.V. ⁽¹⁾ (%)	25,30	19,96	19,15	17,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A Tabela 15 mostra os diâmetros do colo das plantas de *Acacia auriculiformis* nas avaliações mensais dos 60 dias após o plantio até os 120 dias, sendo que em todas elas houve diferenças entre os fungos micorrízicos testados. Aos 60 dias os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora gilmorei*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama* foram os que promoveram o maior diâmetro do colo em relação aos demais. Esta superioridade foi mantida até o final do experimento, aos 120 dias. Os demais fungos não diferiam do controle aos 60 dias, mas aos 90 dias *Entrophospora colombiana*, *Entrophospora contigua* e *Gigaspora margarita* já promoviam diâmetro superior ao controle, sendo este comportamento mantido até os 120 dias. Na última avaliação, *Acaulospora laevis*, *Glomus clarum* e *Scutellospora pellucida*, foram os tratamentos que promoveram menor diâmetro, não diferindo do controle não inoculado.

Estes resultados do crescimento de *Acacia auriculiformis* em altura e diâmetro do colo mostram muita similaridade com os resultados obtidos com as outras espécies do gênero *Acacia* estudadas neste trabalho, tanto a respeito dos fungos eficientes quanto em relação a magnitude do crescimento obtido.

Tabela 15. Diâmetro do colo de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Diâmetro do colo de <i>Acacia auriculiformis</i> (mm)		
	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora laevis</i>	1,10 b	1,43 c	1,46 d
<i>Acaulospora morrowiae</i>	2,55 a	3,39 a	3,55 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	1,41 b	1,90 b	2,15 c
<i>Entrophospora contigua</i>	1,70 b	2,02 b	2,36 c
<i>Gigaspora margarita</i>	1,58 b	2,25 b	2,83 b
<i>Glomus clarum</i>	1,62 b	1,36 c	1,39 d
<i>Scutellospora calospora</i>	2,51 a	3,30 a	3,85 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	2,45 a	3,10 a	3,63 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	2,29 a	2,91 a	3,40 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	1,31 b	1,63 c	1,75 d
Controle Não Inoculado	1,62 b	1,27 c	1,31 d
C.V. ⁽¹⁾ (%)	21,36	15,68	14,96

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A produção de massa de parte aérea e raízes são apresentadas na Tabela 16. Para a massa da parte aérea seca (MPAS) e a massa das raízes secas (MRS), a seqüência de fungos com melhor resposta foi a mesma, diferindo os níveis de separação dos tratamentos. Nestas variáveis, *Acaulospora morrowiae* não diferiu de *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama*, sendo os melhores tratamentos. Os FMAs *Gigaspora margarita*, *Entrophospora colombiana* e *Entrophospora contigua* tenderam a promover respostas semelhantes superiores à da testemunha não inoculada. *Scutellospora pellucida*, *Acaulospora laevis* e *Glomus clarum* também apresentaram a tendência de promoção de resposta similar em crescimento, mas indistinta da testemunha não inoculada.

Tabela 16. Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	MPAS (g)	MRS (g)	MPSA/MRS
<i>Acaulospora laevis</i>	0,11 c	0,11 d	1,24 b
<i>Acaulospora morrowiae</i>	2,63 a	1,05 a	2,51 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	0,61 c	0,41 c	1,42 b
<i>Entrophospora contigua</i>	1,00 b	0,48 c	2,10 a
<i>Gigaspora margarita</i>	1,40 b	0,64 b	2,20 a
<i>Glomus clarum</i>	0,11 c	0,32 c	0,36 c
<i>Scutellospora calospora</i>	2,21 a	1,05 a	2,10 a
<i>Scutellospora gilmorei</i>	2,55 a	1,14 a	2,25 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	2,45 a	1,04 a	2,40 a
<i>Scutellospora pellucida</i>	0,42 c	0,35 d	1,62 b
Controle Não Inoculado	0,10 c	0,15 d	0,66 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	31,50	26,72	25,40

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Os quatro melhores fungos proporcionaram um peso de raízes médio de 3,42 g, ou seja, peso aproximadamente 8,5 vezes maior do que o encontrado no tratamento controle não inoculado, evidenciando a importância dos fungos micorrízicos no desenvolvimento do sistema radicular das plantas de *Acacia auriculiformis*. Entretanto, apesar do maior

desenvolvimento do sistema radicular das plantas inoculadas com fungos eficientes, seu sistema radicular é pequeno em relação a sua parte aérea. Isto é percebido pela relação parte aérea:raízes. Todos os fungos com melhores respostas em crescimento apresentaram esta relação superior a 1, enquanto que a de *Glomus clarum* foi 0,36 e da testemunha não inoculada foi 0,66. Isto indica que os fungos eficientes suprem parte do crescimento radicular pelo seu micélio espalhado no solo, certamente com uma grande economia de fotossintatos pela planta para produção de mesma superfície de contato com o solo (superfície de absorção).

O crescimento vegetativo da *Acacia auriculiformis* em área foliar é apresentado na Figura 5. Para esta planta, a área foliar expressa com clareza a diferença no tamanho das plantas proporcionado por cada espécie de fungo micorrízico, que foi observada visualmente durante a condução do experimento. O fungo *Acaulospora morrowiae* foi o que apresentou maior área foliar (153 cm²) sendo superior às demais espécies. *Entrophospora contigua*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama*, não diferiram entre si, e também mostraram-se bastantes eficientes na promoção da área foliar. Com área foliar intermediária ficaram os tratamentos *Gigaspora margarita*, *Entrophospora colombiana* e *Scutellospora gilmorei*. Os tratamentos *Scutellospora pellucida*, *Acaulospora laevis* e *Glomus clarum* não diferiram do tratamento não inoculado (7,82 cm²), embora em média apresentassem uma área foliar mais que 3 vezes maior do que este controle.

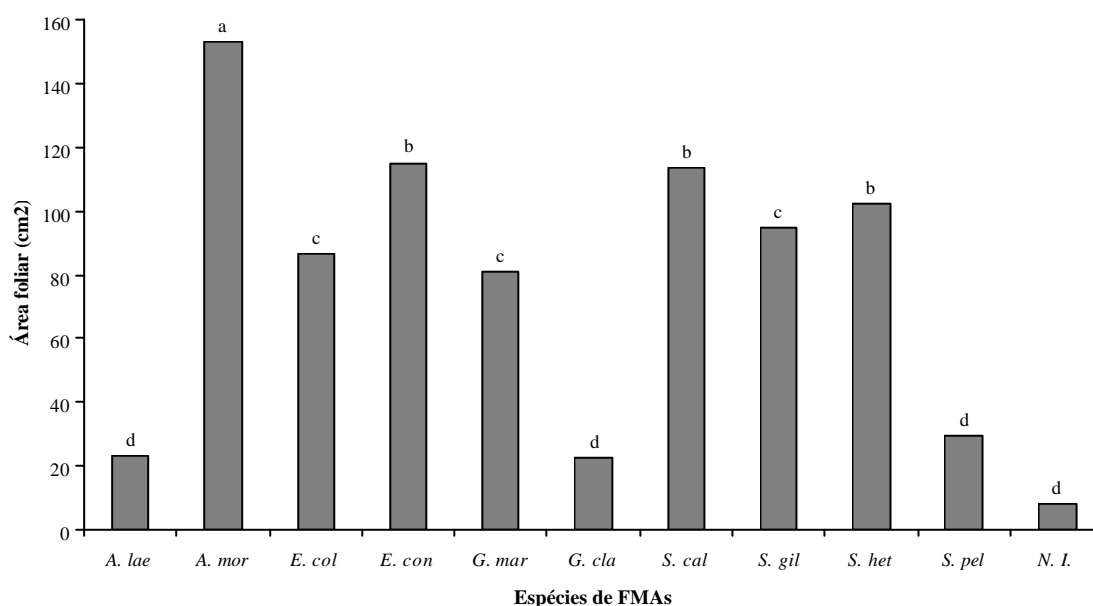


Figura 5. Área foliar de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. *A. lae*: *Acaulospora laevis*; *A. mor*: *Acaulospora morrowiae*; *E. col*: *Entrophospora colombiana*; *E. con*: *Entrophospora contigua*; *G. mar*: *Gigaspora margarita*; *G. cla*: *Glomus clarum*; *S. cal*: *Scutellospora calospora*; *S. gil*: *Scutellospora gilmorei*; *S. het*: *Scutellospora heterogama*; *S. pel*: *Scutellospora pellucida*; *N.I.*: Tratamento não Inoculado; Barras com mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

A colonização micorrízica variou muito, diferindo gradativamente as diferentes espécies de FMAs testadas (Tabela 17). O fungo *Scutellospora gilmorei* foi o que apresentou a maior colonização micorrízica (84%) superior a todos os demais. Em seguida, *Scutellospora gilmorei* também apresentou colonização micorrízica elevada (82%) e superior dos outros

fungos. Na seqüência ficou a colonização dos fungos *Acaulospora morrowiae* e *Entrophospora colombiana* (acima de 70%), seguidos por *Scutellospora pellucida* (67%). Na continuação, observa-se a colonização promovida pelos fungos *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* (em torno de 60%). Já os demais fungos (*Entrophospora contigua* e *Acaulospora laevis*) apresentaram colonização considerada baixa (35 e 22%, respectivamente), perante os valores de colonização que foram observados para as outras espécies de fungos e nos outros experimentos com *Acacia mangium* e *Acacia holosericea*.

A colonização micorrízica apresenta boa correlação com a produção de massa da parte aérea seca ($r = 0,71$). A ausência de uma relação perfeita entre os dados de micorrização e a resposta que os fungos promovem deve-se a intrincadas características fisiológicas de ambos os simbiontes. Mesmo fungos se que mostram ineficientes, como *Glomus clarum*, ainda promovem alta colonização e esporulação, superando a planta que possivelmente tenta alguma resposta capaz de reduzir sua colonização, como possivelmente ocorreu com *Acaulospora laevis* e *Scutellospora pellucida*. Fungos eficientes geralmente apresentam grandes colonizações e se beneficiam com maiores esporulações, como é o caso de *A. morrowiae*.

Para o número de esporos, verifica-se também, pelo teste de médias utilizado, grande distinção entre os tratamentos de FMAs. *Acaulospora morrowiae* foi o fungo que mais esporulou em simbiose com a *Acacia auriculiformis*, 473 esporos em 50 g de solo seco (Tabela 17). As espécies *Glomus clarum*, *Scutellospora heterogama* e *Entrophospora colombiana* apresentaram número médio de esporos de 332, não diferindo entre elas. Os fungos *Entrophospora contigua* e *Scutellospora gilmorei* também apresentaram número de esporos relativamente alto, 255 e 286 esporos, sucessivamente. Os FMAs, *Acaulospora laevis*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora calospora* e *Scutellospora pellucida* foram os que apresentaram menores valores médios do número de esporos (em torno de 200 esporos por 50 g de solo).

Tabela 17. Colonização micorrízica, número de esporos, número de nódulos e massa de nódulos secos de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Espécies de FMAs	Fungos micorrízicos		Nódulos radiculares	
	Colonização	Esporos	número	massa
	%	Nº.50g ⁻¹ de solo seco	Nº. planta ⁻¹	g . planta ⁻¹
<i>Acaulospora laevis</i>	22 g	200 d	0,1 b	0,000 b
<i>Acaulospora morrowiae</i>	74 c	472 a	34,2 a	0,030 a
<i>Entrophospora colombiana</i>	73 c	312 b	1,0 b	0,001 b
<i>Entrophospora contigua</i>	35 f	255 c	0,0 b	0,000 b
<i>Gigaspora margarita</i>	58 e	191 d	4,6 a	0,002 b
<i>Glomus clarum</i>	63 e	356 b	0,0 b	0,000 b
<i>Scutellospora calospora</i>	67 d	228 d	25,4 a	0,006 b
<i>Scutellospora gilmorei</i>	84 a	286 c	17,8 a	0,010 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	82 b	327 b	25,6 a	0,008 b
<i>Scutellospora pellucida</i>	30 f	149 d	0,0 b	0,000 b
Controle Não Inoculado	0 h	0 e	0,0 b	0,000 b
C.V. ⁽¹⁾ (%)	7,60	17,37	59,3*	0,45*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

*: Dados transformados pela equação: $x = \text{raiz quadrada de } x + 0,5$ e, apresentados destransformados.

Excluindo-se o controle não inoculado, para não tornar tendenciosa a análise de correlação, verifica-se que o número de esporos encontrados apresenta baixa correlação com a colonização micorrízica ($r = 0,63$) e não apresenta correlação ($r = 0,42$) com o peso da parte

aérea seca. Estudos com *Eucalyptus grandis* mostram que a produção de esporos dos FMAs acompanhou o comportamento da colonização micorrízica, embora isto não seja o comum, pois em geral, não há uma relação direta entre o número de esporos e a colonização micorrízica (MELLO, et al. 2006) A colonização é parcialmente controlada pela planta e pelo nível de P disponível no solo (SIQUEIRA & COLOZZI-FILHO, 1986) enquanto a esporulação parece ser uma característica intrínseca do fungo, modulada pelo tempo de cultivo da simbiose e pela condição de estresse da planta. Neste sentido, foi observado que quando mudas de *Acacia* são inoculadas com *Glomus clarum*, apresentavam uma alta produção de esporos na fase inicial do plantio, declinando com o tempo, enquanto de *Gigaspora margarita* aumenta a esporulação dependendo das condições edafoclimáticas locais (CAPRONI et al., 2005).

Nos experimentos deste trabalho, onde as três espécies de *Acacia* foram cultivadas simultaneamente com mesmas condições de solo e ambiente, as variações de esporulação deveriam ser inerentes apenas aos fungos e às plantas. Entretanto, observa-se que a magnitude da esporulação de cada fungo é praticamente a mesma nas três espécies de *Acacia* estudadas (Tabelas 9, 13 e 17), ou seja, estas diferentes espécies vegetais influenciaram muito pouco a esporulação de cada fungo. Na figura 6 são apresentadas as médias de esporulação de cada fungo entre as três espécies de *Acacia*. Verifica-se erros padrões de cada média muito pequenos, indicando uma variabilidade bem pequena entre as espécies de *Acacia*. Isto confirma que nestes experimentos as diferenças de esporulações foram devido às características de cada genótipo de fungo e que as espécies de plantas estudadas apresentaram grande proximidade genotípica quanto a sua característica de associação simbiótica com fungos micorrízicos arbusculares.

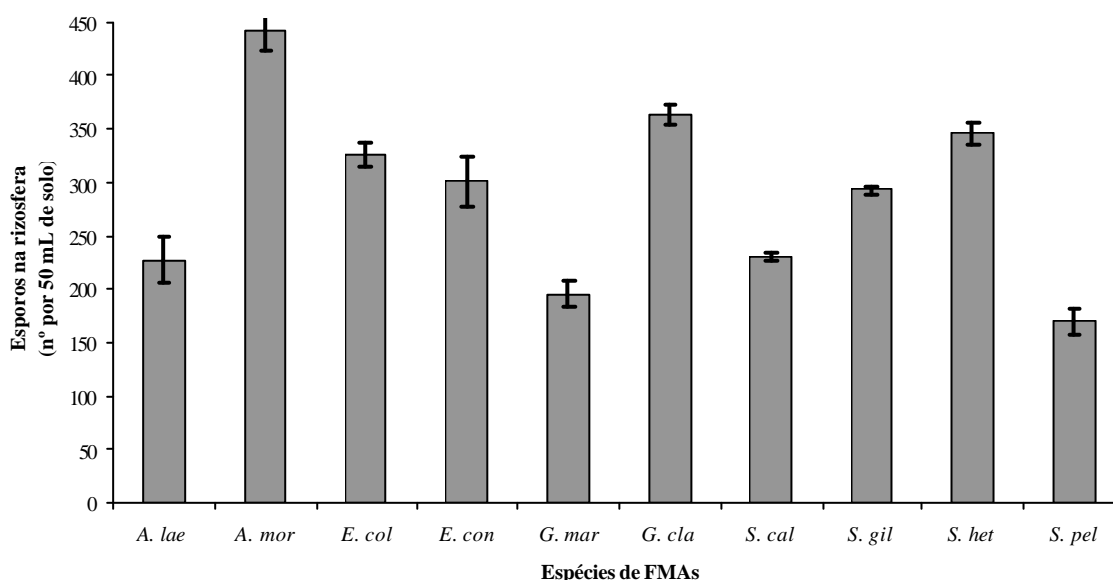


Figura 6. Médias de esporulação na rizosfera de espécies de fungos micorrízicos arbusculares entre três espécies de *Acacia* (*A. mangium*, *A. holosericea*, *A. auriculiformis*) cultivadas simultaneamente sob mesmas condições de solo e ambiente. Barras verticais indicam erro padrão de cada média. Legenda: *A. lae*: *Acaulospora laevis*; *A. mor*: *Acaulospora morrowiae*; *E. col*: *Entrophospora colombiana*; *E. con*: *Entrophospora contigua*; *G. mar*: *Gigaspora margarita*; *G. cla*: *Glomus clarum*; *S. cal*: *Scutellospora calospora*; *S. gil*: *Scutellospora gilmorei*; *S. het*: *Scutellospora heterogama*; *S. pel*: *Scutellospora pellucida*.

A nodulação por bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico em *A. auriculiformis* não foi encontrada em todos os tratamentos, tal como ocorrido nos experimentos com *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* (Tabelas 9, 13 e 17). Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Gigaspora margarita*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama*, foram os que promoveram maiores número de nódulos nas raízes das plantas. Os FMAs *Acaulospora laevis* e *Entrophospora colombiana* também promoveram a nodulação, mas não diferiram estatisticamente da ausência de nódulos que houve nos demais tratamentos, inclusive na testemunha não inoculada (Tabela 17). A variável massa de nódulos secos salientou apenas a nodulação promovida pelo fungo *Acaulospora morrowiae*, sendo que os demais não diferiram do zero. Como nos experimentos anteriores com *Acacia mangium* e *Acacia holosericea*, a nodulação foi encontrada somente nos tratamentos onde a porcentagem de colonização micorrízica foi superior a 58%, entretanto, no tratamento *Glomus clarum* houve colonização elevada, sem nodulação, sugerindo que o estímulo a nodulação promovido pelos FMAs é proporcional à sua eficiência em promover o crescimento e nutrição da planta.

Possivelmente nos tratamentos com fungos eficientes há sinergismo no crescimento da planta causado pelo benefício de ambas as simbioses radiculares, o que torna as plantas muito maiores do que aquelas com fungos ineficientes ou sem fungo micorrízico. Tal como as outras duas espécies de *Acacia*, esta também demonstra-se ser bastante dependente destes dois tipos de associações simbióticas, tanto a colonização micorrízica, quanto a nodulação por bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. As plantas micorrizadas geralmente apresentam um metabolismo mais elevado que as não micorrizadas, sendo capazes de fornecer maior quantidade de carboidratos e ATP aos rizóbios e, conseqüentemente, estas plantas apresentam uma nodulação e fixação biológica significativamente maior (MERGULHÃO et al., 2001).

A eficiência simbiótica dos FMAs para *Acacia auriculiformis* é apresentada na Figura 7. Os fungos *Acaulospora morrowiae*, *Scutellospora calospora*, *Scutellospora gilmorei* e *Scutellospora heterogama* foram os mais eficiente para promover o crescimento de *Acacia auriculiformis*, promovendo plantas maiores que a planta não inoculada em mais de 2000%. *Entrophospora contígua* e *Gigaspora margarita* também apresentaram boa eficiência simbiótica promovendo o crescimento das plantas em 900 e 1300% superior ao da planta não inoculada, respectivamente. Os fungos *Entrophospora colombiana* e *Scutellospora pellucida* apresentaram uma eficiência simbiótica moderada promovendo de 300 a 500 % o crescimento da planta em relação à testemunha não inoculada. Os fungos *Acaulospora laevis* e *Glomus clarum* foram considerados de baixa eficiência comparados aos demais fungos, promovendo crescimento de apenas 10% superior ao da testemunha não inoculada.

Comparando com as outras duas espécies de *Acacia*, os resultados de eficiência quanto aos fungos foram praticamente os mesmos, porém a magnitude da resposta aos fungos em *Acacia auriculiformis* (medido pela eficiência simbiótica) foi cerca de 50% da observada em *Acacia mangium* nos fungos eficientes e muito menos nos fungos ineficientes. Entretanto, uma menor resposta a inoculação em *Acacia auriculiformis* quando comparada as outras duas espécies de *Acacia* não indica que esta tenha menor dependência micorrízica (SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA, 1995). Isto porque a dependência micorrízica é uma característica genética de cada planta, podendo ser alta mesmo em plantas com crescimento lento e conseqüente baixa resposta em crescimento à inoculação. Para avaliar a real dependência micorrízica de cada espécie de *Acacia* haveria a necessidade de estudá-las com um fungo eficiente em diferentes condições de P disponível no solo. Possivelmente a menor eficiência simbiótica verificada nesta espécie deve-se a seu crescimento mais lento e menos vigoroso e não a uma menor dependência micorrízica.

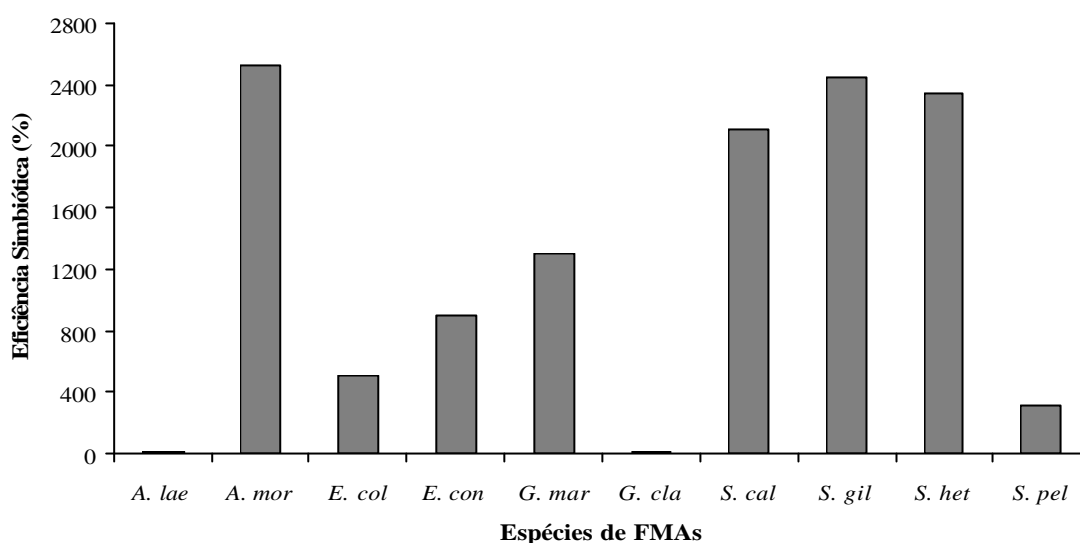


Figura 7. Eficiência simbiótica (%) calculada com base na massa de parte aérea seca de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. *A. lae*: *Acaulospora laevis*; *A. mor*: *Acaulospora morrowiae*; *E. col*: *Entrophospora colombiana*; *E. con*: *Entrophospora contigua*; *G. mar*: *Gigaspora margarita*; *G. cla*: *Glomus clarum*; *S. cal*: *Scutellospora calospora*; *S.gil*: *Scutellospora gilmorei*; *S. het*: *Scutellospora heterogama*; *S. pel*: *Scutellospora pellicida*.

4.2 Eficiência Simbiótica de Isolados de fECTOs para as Espécies de *Acacia*

A inoculação dos isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) não promoveu efeito significativo no crescimento de *Acacia mangium*, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*, exceto na variável área foliar de *Acacia holosericea*. Nestes experimentos, a eficiência simbiótica dos isolados ectomicorrízicos foi baixa, ou mesmo inexistente. Para a altura das três espécies de leguminosas, em nenhum período de avaliação verificou-se diferenças estatísticas entre os tratamentos, não diferindo do controle não inoculado (Tabelas 18, 19 e 20).

Tabela 18. Altura de plantas de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	Altura de plantas de <i>Acacia mangium</i> (cm)				
	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
UFSC Pt 116	4,30 a	5,44 a	5,90 a	6,30 a	6,70 a
UFSC Pt 24	3,64 a	4,52 a	4,95 a	5,20 a	5,44 a
UFSC Pt 193	4,20 a	5,84 a	6,75 a	7,62 a	7,76 a
UFSC Pt 187	3,70 a	5,32 a	6,70 a	7,60 a	7,80 a
O 64-ITA 6	5,20 a	5,76 a	7,60 a	7,90 a	8,25 a
O 40-ORS 7870	4,18 a	5,32 a	6,02 a	6,60 a	6,60 a
Controle Não Inoculado	3,30 a	4,38 a	5,30 a	6,80 a	7,30 a
C.V. ⁽¹⁾ (%)	29,00	30,40	35,30	35,20	32,00

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Tabela 19. Altura de plantas de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	Altura de plantas de <i>Acacia holosericea</i> (cm)				
	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
UFSC Pt 116	4,20 a	4,90 a	5,72 a	6,36 a	6,50 a
UFSC Pt 24	3,72 a	4,50 a	4,92 a	5,50 a	5,60 a
UFSC Pt 193	3,95 a	4,43 a	5,02 a	5,32 a	5,48 a
UFSC Pt 187	4,32 a	5,24 a	6,32 a	7,22 a	7,50 a
O 64-ITA 6	3,85 a	4,76 a	5,94 a	6,20 a	6,30 a
O 40-ORS 7870	3,60 a	4,70 a	5,84 a	7,10 a	7,30 a
Controle Não Inoculado	3,39 a	4,52 a	6,20 a	7,02 a	7,12 a
C.V. ⁽¹⁾ (%)	16,70	14,50	17,35	20,10	19,00

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Tabela 20. Altura de plantas de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	Altura de plantas de <i>Acacia auriculiformis</i> (cm)				
	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
UFSC Pt 116	5,10 a	6,60 a	7,55 a	7,80 a	7,86 a
UFSC Pt 24	4,76 a	6,22 a	6,92 a	7,10 a	7,16 a
UFSC Pt 193	4,62 a	6,00 a	7,10 a	7,62 a	8,16 a
UFSC Pt 187	4,50 a	6,02 a	6,55 a	7,08 a	7,75 a
O 64-ITA 6	4,64 a	6,48 a	7,40 a	8,45 a	8,60 a
O 40-ORS 7870	4,50 a	6,42 a	7,30 a	7,66 a	8,45 a
Controle Não Inoculado	5,00 a	7,02 a	8,06 a	8,16 a	8,36 a
C.V. ⁽¹⁾ (%)	19,86	23,93	25,10	25,90	23,60

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Tabela 21. Diâmetro do colo de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	Diâmetro do colo de <i>Acacia mangium</i> (mm)			
	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
UFSC Pt 116	1,03 a	1,06 a	1,09 a	1,17 a
UFSC Pt 24	0,77 a	0,91 a	0,93 a	0,97 a
UFSC Pt 193	1,00 a	1,16 a	1,23 a	1,10 a
UFSC Pt 187	0,98 a	1,13 a	1,25 a	1,20 a
O 64-ITA 6	0,82 a	0,96 a	0,98 a	0,95 a
O 40-ORS 7870	0,85 a	1,09 a	1,10 a	1,00 a
Controle Não Inoculado	0,88 a	0,98 a	1,16 a	1,20 a
C.V. ⁽¹⁾ (%)	17,00	21,50	28,70	30,65

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Para o diâmetro do colo o mesmo comportamento foi verificado. Não houve efeito da inoculação dos isolados ectomicorrízicos em nenhuma das três espécies arbóreas estudadas (Tabelas 21, 22 e 23).

Tabela 22. Diâmetro do colo de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	Diâmetro do colo de <i>Acacia holosericea</i> (mm)			
	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
UFSC Pt 116	0,88 a	0,92 a	0,93 a	0,94 a
UFSC Pt 24	0,79 a	0,88 a	0,96 a	0,97 a
UFSC Pt 193	0,78 a	0,79 a	0,80 a	0,82 a
UFSC Pt 187	0,83 a	0,88 a	0,96 a	1,05 a
O 64-ITA 6	0,78 a	0,89 a	0,95 a	0,97 a
O 40-ORS 7870	0,95 a	1,05 a	1,12 a	1,18 a
Controle Não Inoculado	0,81 a	0,97 a	1,07 a	1,11 a
C.V. ⁽¹⁾ (%)	11,60	17,10	20,40	17,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Tabela 23. Diâmetro do colo de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 60, 90, 120 e 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	Diâmetro do colo de <i>Acacia auriculiformis</i> (mm)			
	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
UFSC Pt 116	1,35 a	1,39 a	1,40 a	1,41 a
UFSC Pt 24	1,23 a	1,28 a	1,32 a	1,34 a
UFSC Pt 193	1,25 a	1,35 a	1,42 a	1,45 a
UFSC Pt 187	1,25 a	1,29 a	1,36 a	1,48 a
O 64-ITA 6	1,34 a	1,41 a	1,56 a	1,60 a
O 40-ORS 7870	1,27 a	1,45 a	1,48 a	1,51 a
Controle Não Inoculado	1,26 a	1,33 a	1,38 a	1,43 a
C.V. ⁽¹⁾ (%)	15,60	12,90	16,30	14,60

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

O crescimento das três arbóreas ao final de cada experimento, avaliado pela massa da parte aérea seca (MPAS), e pela massa das raízes secas (MRS) (Tabela 24) que também não apresentaram diferenças estatísticas. O mesmo verificou-se para área foliar de *Acacia mangium* e *Acacia auriculiformis* (Figura 8). Entretanto, para *Acacia holosericea*, os isolados UFSC Pt 116 e O 40-ORS 7870 promoveram maior área foliar que os demais tratamentos (Figura 8).

Tabela 24. Massa da parte aérea seca (MPAS) e massa das raízes secas (MRS) de *Acacia mangium*, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*, inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	<i>Acacia mangium</i>		<i>Acacia holosericea</i>		<i>Acacia auriculiformis</i>	
	MPAS (g)	MRS (g)	MPAS (g)	MRS (g)	MPAS (g)	MRS (g)
UFSC Pt 116	0,16 a	0,19 a	0,36 a	0,33 a	0,20 a	0,34 a
UFSC Pt 24	0,15 a	0,15 a	0,17 a	0,19 a	0,25 a	0,35 a
UFSC Pt 193	0,49 a	0,32 a	0,13 a	0,22 a	0,43 a	0,47 a
UFSC Pt 187	0,41 a	0,14 a	0,55 a	0,32 a	0,28 a	0,44 a
O 64-ITA 6	0,27 a	0,28 a	0,20 a	0,30 a	0,68 a	0,65 a
O 40-ORS 7870	0,15 a	0,24 a	0,81 a	0,42 a	0,23 a	0,28 a
Controle Não Inoculado	0,47 a	0,22 a	0,74 a	0,49 a	0,21 a	0,30 a
C.V. ⁽¹⁾ (%)	20,70*	7,46*	12,30*	7,50*	10,00*	8,53*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

*: Dados transformados pela equação: $x = \text{raiz quadrada de } x + 0,5 \text{ e}$, apresentados destransformados.

Vários autores observam ausência de efeitos de fungos ectomicorrízicos no crescimento das plantas a partir de determinado nível de disponibilidade de fósforo no solo. (VIEIRA & PERES, 1988; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Na maioria dos casos já estudados, os incrementos na taxa de crescimento obtidos pela inoculação das espécies florestais com fungos ectomicorrízicos ficam em torno de 1,2 a 1,4 vezes em relação às plantas não inoculadas (OLIVEIRA, 2004). GRAZZIOTTI et al. (2001) observaram que cada espécie de fungo tem uma resposta em níveis diferentes de nutrientes químicos, e TAGU et al. (2002) explicam que cada espécie de fungo ectomicorrízico tem uma resposta diferente às variáveis e as condições do meio ambiente as quais é exposta.

É importante levar em consideração que para a formação, manutenção e funcionamento das estruturas fúngicas das ectomicorrizas, há necessidade de consumo em cerca de 10 a 20% do fotossintato líquido produzido pela planta hospedeira (JAKOBSEN & ROSENDAHL, 1990), sendo assim o impacto deste dreno de fotossintatos para o crescimento da planta depende de fatores do solo, do ambiente e, em particular, da capacidade do fungo de compensar ou superar as funções da raiz na absorção de nutrientes e água (MATOS, SILVA & LIMA, 1999).

Apesar da ausência de resposta aos fECTOs inoculados em nas três espécies de *Acacia*, foram observadas algumas colonizações micorrízicas nas raízes (Tabelas 25). Em *Acacia mangium* o isolado O 64-ITA 6 apresentou a maior colonização micorrízica (33%) seguido dos isolados UFSC Pt 193 e O 40-ORS 7870. Os demais isolados testados não colonizaram suas raízes. Em *Acacia holosericea* os mesmos três isolados de fECTO promoveram colonização, sendo que não houve diferenças entre eles. Já em *Acacia auriculiformis* os mesmos três isolados a colonizaram, seguindo a colonização decrescente na seguinte ordem, O 64-ITA 6, O 40-ORS 7870 e UFSC Pt 193.

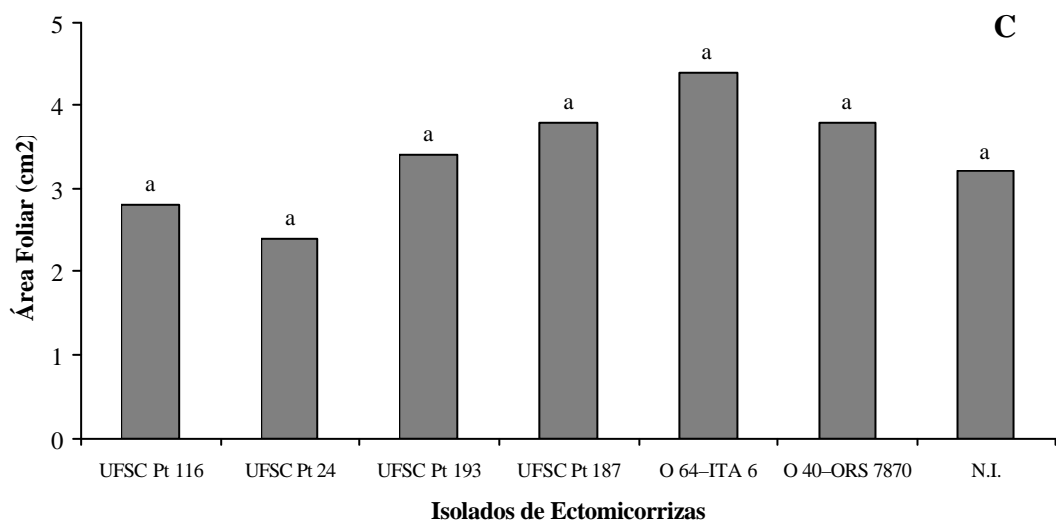
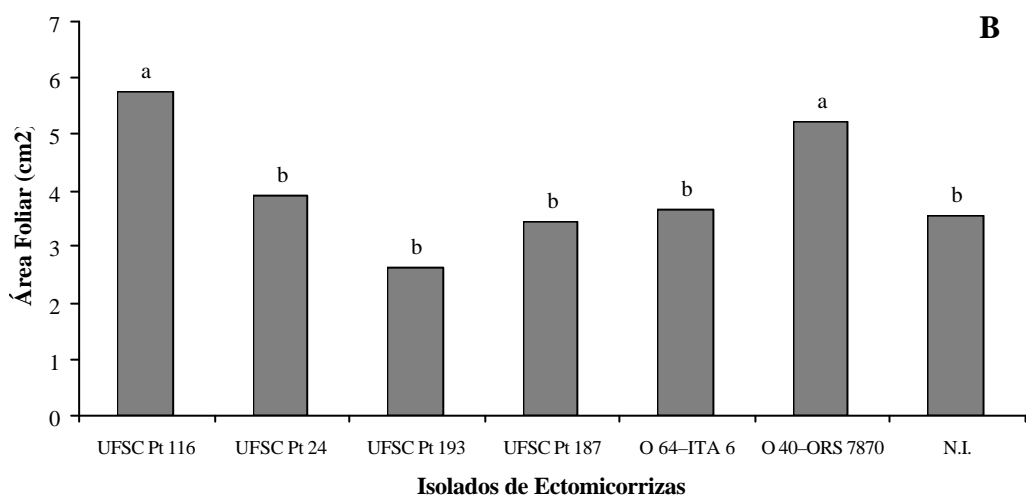
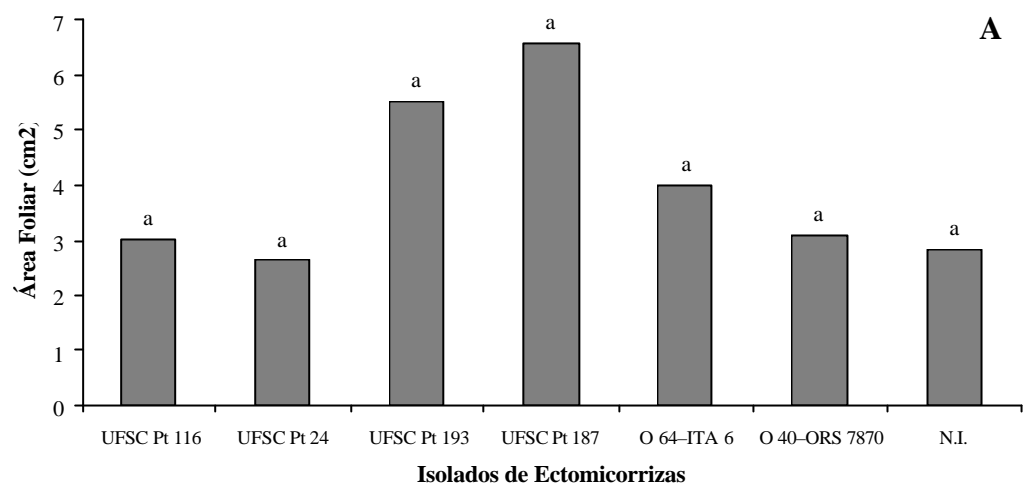


Figura 8. Área foliar de *Acacia mangium* (A), *Acacia holosericea* (B) e *Acacia auriculiformis* (C) inoculadas com diferentes isolados de fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 150 dias após plantio em casa de vegetação. Barras com mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

Tabela 25. Colonização micorrízica em *Acacia mangium*, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes fungos ectomicorrízicos (fECTOs) aos 150 dias após plantio em casa de vegetação.

Isolados de fECTOs	Colonização micorrízica (%)		
	<i>Acacia mangium</i>	<i>Acacia holosericea</i>	<i>Acacia auriculiformis</i>
UFSC Pt 116	0,00 c	0,00 b	0,00 d
UFSC Pt 24	0,00 c	0,00 b	0,00 d
UFSC Pt 193	15,20 b	10,60 a	6,20 c
UFSC Pt 187	0,00 c	0,00 b	0,00 d
O 64-ITA 6	33,20 a	16,40 a	34,80 a
O 40-ORS 7870	17,40 b	13,20 a	26,20 b
Controle Não Inoculado	0,00 c	0,00 b	0,00 d
C.V. ⁽¹⁾ (%)	30,17	36,20	25,80

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A ausência de respostas à inoculação de fECTOs são comuns devido à sua característica de estabelecer relações bastante específicas com seus hospedeiros. Esta simbiose caracteriza-se pela baixa diversidade de plantas hospedeiras, porém com alta especificidade, e alta diversidade de fungos, sendo o oposto do que ocorre com a simbiose micorrízica arbuscular (MOLINA et al., 1992). Apesar disto houve colonização das raízes das três espécies de *Acacia* pelos mesmos três isolados fúngicos. Isto sugere que isolados de fECTO com menos especificidade possam ser selecionados.

Embora os isolados que colonizaram não tenham demonstrado eficiência simbiótica, o fato do isolado O 40-ORS 7870 ter promovido aumento da área foliar de *Acacia holosericea* ao final do experimento, indica que as respostas ainda poderiam aparecer com mais tempo de condução dos experimentos. As respostas à inoculação com fECTOs costumam aparecerem em fases mais avançadas do desenvolvimento da planta (SILVA, et al., 2003), a qual talvez não tenha sido possível alcançar com o tempo de condução do presente estudo.

Além da especificidade em relação aos hospedeiros, os fungos ectomicorrízicos podem associar-se em estádios diferenciados do crescimento da planta. Aqueles que se associam as plantas jovens são chamados fungos de estágio inicial e os que se associam as plantas de idade avançada, fungos de estágio tardio. Os que se associam as plantas em qualquer fase são chamados multiestádios (LAST et al., 1984). Supõe-se que esse fenômeno esteja ligado à maior demanda de açúcares por parte dos fungos ectomicorrízicos tardios e menor demanda pelos de estágio inicial (GIBSON & DEACON, 1990). Outra hipótese relaciona a sucessão dos fungos ectomicorrízicos com as diferentes formas de nutrientes disponíveis no solo. Os fungos de estágio inicial utilizariam nutrientes predominantemente na forma mineral e os de estágio tardio na forma orgânica (DIGHTON & MASON, 1985; LAST, DIGHTON & MASON, 1987; EATON & AYRES, 2002). Sendo assim, sugere-se que estudos mais prolongados sejam feitos com estas leguminosas utilizando os isolados de fECTOs que colonizaram suas raízes.

Os fatores que condicionam o estabelecimento de cada fungo simbiote na planta e os que influenciam a sua eficiência na promoção do crescimento e da adaptabilidade da planta ao ambiente não são totalmente conhecidos (SMITH & READ, 1997). Esses resultados podem evidenciar a preferência das três espécies de *Acacia* por alguns fungos ectomicorrízicos para colonizarem suas raízes. Algumas plantas, através de seus exsudatos radiculares, podem estimular o desenvolvimento dos fungos, proporcionando incremento no crescimento micelial dos fungos (ELIAS & SAFIR, 1987; COLOZZI-FILHO & BALOTA,

1994) e assim selecionar os fungos de acordo com sua especificidade.

4.3 Eficácia Simbiótica de Combinações de Espécies de FMAs e Isolado de fECTO Selecionados para as Espécies de *Acacia*

4.3.1 *Acacia mangium*

A altura de plantas inoculadas com diferentes combinações de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO), para *Acacia mangium* estão apresentados na Tabela 26. Aos 30 dias após o plantio, já apresentavam altura superior a testemunha não inoculada os tratamentos inoculados com *Scutellospora heterogama*, isoladamente, e com as combinações *A. morrowiae*+*S. calospora*, *A. morrowiae*+*S. heterogama*, *S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64 – ITA6. Os demais tratamentos ainda não diferiam da testemunha não inoculada nesta época de avaliação.

Tabela 26. Altura de plantas de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculo	Altura de plantas de <i>Acacia mangium</i> (cm)			
	30dias	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora morrowiae</i>	3,68 b	4,42 c	4,83 c	4,95 c
<i>Scutellospora calospora</i>	3,90 b	15,42 a	21,45 a	23,53 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	4,70 a	9,82 b	14,03 b	21,75 b
O64 – ITA 6	3,95 b	4,65 c	5,83 c	4,43 c
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	5,07 a	7,38 b	12,18 b	28,35 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	4,60 a	8,50 b	12,25 b	25,55 b
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	4,17 a	13,45 a	18,40 a	28,00 a
<i>A. morrowiae</i> +O64 – ITA 6	3,35 b	4,30 c	5,50 c	6,10 c
<i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	3,05 b	13,75 a	20,28 a	21,50 b
<i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	3,82 b	17,12 a	22,03 a	26,63 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	4,03 b	16,63 a	22,93 a	27,50 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	4,48 a	17,47 a	22,40 a	29,25 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	3,75 b	16,60 a	22,23 a	28,75 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	4,57 b	18,52 a	23,63 a	34,50 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	4,25 b	17,02 a	25,83 a	27,50 a
Tratamento não Inoculado	4,30 b	4,95 c	5,48 c	6,20 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	13,20	21,80	23,90	19,50

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Aos 60 dias após o plantio, apenas os tratamentos inoculados com *A. morrowiae* e O64–ITA6 (tanto isolados, como combinados) não diferiam da testemunha não inoculada. Este comportamento se manteve até o final da condução dos experimentos aos 120 dias. Os demais tratamentos apresentavam altura superior ao da testemunha não inoculada, também mantendo este comportamento até ao final do período de condução. Aos 60 dias após o plantio entre os tratamentos superiores à testemunha, os seguintes se destacam como melhores: o fungo *Scutellospora calospora* isolado, e as combinações de *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+O64–ITA6; *S. heterogama*+O64–ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64–ITA6; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64–ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64–ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S.*

calospora+*S. heterogama*+*O64-ITA6*. Este mesmo comportamento observa-se aos 90 dias após o plantio.

Aos 120 dias, observa-se uma pequena alteração no rol das melhores combinações verificadas aos 60 e 90 dias. Entre os tratamentos que se apresentaram mais eficientes nos dois meses anteriores, todos continuam a se destacar, exceto *S. calospora* isoladamente, e *S. calospora*+*O64-ITA6* (Tabela 26). Ao contrário, o tratamento inoculado com *A. morrowiae*+*S. calospora*, aos 120 dias passa apresentar altura média igual aos melhores tratamentos, os quais apresentaram uma altura média de 28,81 cm, enquanto que o tratamento não inoculado apresentou altura de 6,20 cm. Ressalta-se que a combinação *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*, composta apenas de FMAs, apresentou o maior crescimento (34,50 cm), cerca de 5,6 vezes a maior que a testemunha não inoculada.

Para a variável diâmetro do colo a resposta a eficiência dos tratamentos foi mais lenta que para a altura de plantas, porém foi bastante similar ao observado na variável anterior. Aos 60 dias após o plantio observaram-se diferenças entre os tratamentos (Tabela 27). Tal como para altura nesta época, os tratamentos que destacam como melhores no diâmetro do colo são: *Scutellospora calospora*, e as combinações *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*O64-ITA6*; *S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*. Os demais tratamentos, não diferem da testemunha não inoculada.

Tabela 27. Diâmetro do colo de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes combinações de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inoculo	Diâmetro do colo de <i>Acacia mangium</i> (mm)		
	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora morrowiae</i>	0,81 b	1,00 e	1,05 c
<i>Scutellospora calospora</i>	1,66 a	1,99 c	2,42 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	0,79 b	2,14 c	2,42 b
<i>O64 – ITA 6</i>	0,53 b	0,91 e	0,96 c
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	0,86 b	2,74 b	3,12 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	0,73 b	2,13 c	2,55 b
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	1,57 a	2,54 b	3,03 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	0,75 b	0,83 e	1,07 c
<i>S. calospora</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	1,58 a	1,74 d	2,07 b
<i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	1,71 a	2,80 b	3,25 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	1,73 a	2,58 b	3,05 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	1,53 a	2,87 a	3,35 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	2,11 a	2,59 b	3,04 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	1,80 a	3,27 a	3,54 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	1,79 a	2,97 a	3,24 a
Tratamento não Inoculado	0,61 b	0,86 e	0,98 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	19,90	12,60	12,23

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Aos 90 e 120 dias, corroborando com os resultados observados para altura, apenas os tratamentos *Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6*, e sua combinação *A. morrowiae*+*O64-ITA6*, não diferiram do tratamento não inoculado, apresentando o menor desenvolvimento. Os demais foram superiores á testemunha não inoculada. Entre os tratamentos superiores à testemunha, aos 90 dias houve grande separação entre eles pelo teste estatístico empregado (Tabela 27). Os tratamentos que apresentaram o maior diâmetro de colo foram *A.*

morrowiae+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6.

Aos 120 dias, a distinção entre os tratamentos superiores à testemunha não foi tão intensa, sendo idêntica ao observado para altura nesta mesma época. Os tratamentos mais eficientes foram *A. morrowiae*+*S. calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6.

A massa da parte aérea e raízes aos 120 dias após o plantio são apresentadas na Tabela 28. A produção de massa de parte aérea e de raízes corrobora os resultados obtidos com altura e diâmetro do colo das plantas.

Para a massa da parte aérea seca, os tratamentos de maior magnitude foram: *Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA 6. O tratamento *S. calospora*+O64-ITA6 apresentou massa menor que os citados anteriormente, porém ainda apresentou massa superior aos tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowiae*; O64-ITA6, e *A. morrowiae*+O64-ITA6 que não diferiram do tratamento não inoculado.

Tabela 28. Massa da parte aérea seca (MPAS), massa das raízes secas (MRS), relação parte aérea:raiz (MPAS/MRS) e área foliar de *Acacia mangium* inoculadas com diferentes combinações de espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculo	MPAS (g)	MRS (g)	MPAS/MRS (g)	Área Foliar (cm ²)
<i>Acaulospora morrowiae</i>	0,04 c	0,08 d	0,49 b	0,1 c
<i>Scutellospora calospora</i>	1,40 a	0,91 b	1,55 a	115,0 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	1,53 a	1,05 b	1,57 a	122,0 b
O64 – ITA 6	0,13 c	0,20 d	1,48 a	0,3 c
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	1,78 a	0,95 b	1,77 a	217,7 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	1,68 a	0,72 c	2,26 a	183,0 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	1,65 a	1,28 b	1,38 a	130,7 b
<i>A. morrowiae</i> +O64 – ITA 6	0,03 c	0,13 d	0,41 b	6,0 c
<i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	0,86 b	0,63 c	1,13 a	85,0 b
<i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	1,90 a	1,34 b	1,47 a	192,0 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	2,08 a	1,27 b	1,74 a	203,0 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	2,13 a	0,93 b	2,18 a	225,7 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	2,58 a	1,78 a	1,87 a	244,0 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	2,90 a	1,92 a	1,53 a	257,0 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA6	2,23 a	1,52 a	1,43 a	158,3 a
Tratamento não Inoculado	0,02 c	0,05 d	0,43 b	0,1 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	12,76*	11,30*	11,43*	21,28*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

*: Dados transformados pela equação: $x = \text{raiz quadrada de } x + 0,5$ e, apresentados destransformados.

Para a massa das raízes secas, os tratamentos *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S.*

heterogama+O64-ITA6, destacaram-se por apresentar maiores massas que os demais tratamentos (Tabela 28). Seguindo uma ordem decrescente dos valores médios observados, os tratamentos *Scutellospora calospora* e *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae+S. calospora*; *S. calospora+S. heterogama*; *S. heterogama+O64-ITA6*; *A. morrowiae+S. calospora+O64-ITA6* e *A. morrowiae+S. heterogama+O64-ITA6* apresentaram uma média de peso de raízes secas de 1,10 g. Estes foram superiores à média dos tratamentos *A. morrowiae+S. heterogama* e *S. calospora+O64-ITA6* (0,68 g), que por sua vez, tem peso de raízes superiores aos tratamentos *Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6* e combinação de *A. morrowiae+O64-ITA6* que não diferem da testemunha não inoculada.

Calculando a relação parte aérea:raízes para *Acacia mangium*, verifica-se que as inoculações realizadas com *Acaulospora morrowiae* e com o isolado ectomicorrízico *O64-ITA6*, propiciaram um crescimento de parte aérea, proporcionalmente menor, em relação ao crescimento das raízes, não diferindo do tratamento não inoculado (Tabela 28). Pela ineficiência dos fungos estas plantas investiram mais em raízes do que no crescimento da parte aérea. As micorrizas arbusculares, na maioria dos casos, estimulam o crescimento vegetal, como consequência de seu efeito sobre a nutrição mineral da planta, principalmente no aumento da absorção de fósforo. A simbiose não só aumenta a biomassa vegetal, como também influencia a proporção na qual esta se distribui entre a parte aérea e a raiz (DINIZ, 2007).

As demais combinações de inoculação demonstram grande eficiência do sistema radicular, impulsionados pelas micorrizas, proporcionando uma relação parte aérea:raiz superior a 1, corroborando os dados de literatura que indicam que com inoculações eficientes, a relação peso da matéria seca da parte aérea/peso da matéria seca da raiz é, em geral, mais elevada em plantas micorrizadas, quando comparada às plantas não micorrizadas (SILVEIRA, 1992; SMITH, 1980). O maior desenvolvimento do sistema radicular proporciona à planta maior capacidade de absorção de nutrientes e água, sendo uma fonte de reserva de nutrientes para a planta, além de uma melhor sustentação e capacidade de sobrevivência após o transplante para o campo (SOARES et al., 2003).

A área foliar das plantas aos 120 dias após o plantio é apresentada na Tabela 28. Esta variável aponta nitidamente as combinações que apresentaram maior eficiência simbiótica para as plantas de *Acacia mangium*. As inoculações com *A. morrowiae+S. calospora*; *A. morrowiae+S. heterogama*; *S. heterogama+O64-ITA6*; *A. morrowiae+S. calospora+O64-ITA6*; *A. morrowiae+S. heterogama+O64-ITA6*; *S. calospora+S. heterogama+O64-ITA6*; *A. morrowiae+S. calospora+S. heterogama* e *A. morrowiae+S. calospora+S. heterogama+O64-ITA6* foram as que proporcionaram maior área foliar. Os tratamentos que foram inoculados com *Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *S. calospora+S. heterogama* e *S. calospora+O64-ITA6*, embora inferiores aos primeiros citados, também apresentaram valores de áreas foliares muito superiores à da testemunha não inoculada. *Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6* e *A. morrowiae+O64-ITA6*, foram os tratamentos que proporcionaram menor incremento na área foliar, não diferindo estatisticamente do tratamento não inoculado.

O aumento da área foliar das plantas micorrizadas implica em aumentos na superfície de captação de luz, aumento na assimilação de CO₂ e produção de fotoassimilados, necessária para atender a demanda do fungo micorrízico e das raízes da planta hospedeira (BAGO et al., 2003). Esse tipo de benefício é resultante, possivelmente, do aumento na absorção de nutrientes e água pelos fungos e suas implicações em nível fisiológico e bioquímico, como o estímulo da síntese de hormônios, especialmente auxinas e citocininas, aminoácidos e proteínas e fotoassimilados (SENA, 1998). Estudos com plantas de *Linum usitatissimum* L. micorrizadas, constataram um aumento do nível interno de citocininas, o que foi relacionado

ao aumento da fotossíntese e do crescimento das plantas infectadas (DRUGE & SCHONBECK, 1993).

As médias da colonização micorrízica são apresentadas na Figura 9. Variaram de 0% (fECTO O64-ITA6 e tratamento não inoculado) até 86% (*S. calospora*+*S. heterogama*). As maiores colonizações, acima de 84%, foram encontradas nos tratamentos inoculado com *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6.

Um pouco abaixo desde primeiro grupo, os tratamentos *Scutellospora calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. calospora*+O64-ITA6; *S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6 e *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6 apresentaram colonização micorrízica elevada entre 71 e 79%, diferenciando dos tratamentos restantes, que apresentaram colonização considerada baixa. As menores colonizações, com exceção dos tratamentos que não apresentaram colonização radicular (O64-ITA6 e a testemunha), foram encontradas nas inoculações com *Acaulospora morrowiae* e *A. morrowiae*+O64-ITA6, ambas com 24%.

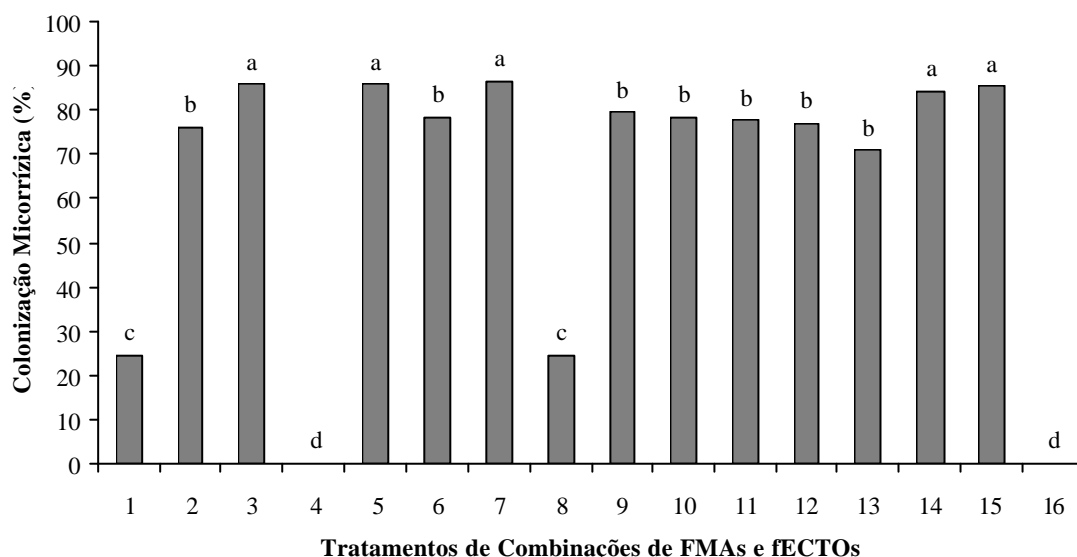


Figura 9. Colonização micorrízica em *Acacia mangium* inoculada com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: O64-ITA6; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+O64-ITA6; 9: *S. calospora*+O64-ITA6; 10: *S. heterogama*+O64-ITA6; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 16: Tratamento não Inoculado; Barras com mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

Para os tratamentos com sem ou baixa colonização micorrízica não foi verificado um desenvolvimento de parte aérea desejável, portanto, no presente experimento a colonização radicular está refletindo um significativo aumento da área de absorção radicular das plantas,

maximizando o aproveitamento de água e nutrientes, como o fósforo (P), o nitrogênio (N) e o potássio (K) (MOLINA & TRAPPE, 1984; GLOWA et al., 2003), além de proporcionar melhor resistência ao estresse hídrico, às temperaturas elevadas, à acidez, e à maior tolerância às condições de toxidez do solo e proteção do sistema radicular contra patógenos (SMITH & READ, 1997), que são os benefícios que as micorrizas promovem.

A eficácia simbiótica determinada conforme descrito no item 3.5.2 do Material e Métodos é apresentada na Figura 10. Os tratamentos de inoculação 13 e 14 (*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*) foram os de maior eficácia simbiótica para *A. mangium*, atingindo valores de 170 e 180 ues no incremento percentual na matéria seca por cada unidade porcentual de colonização micorrízica, ou seja, para cada 1% de colonização radicular houve aumento de até 180% no crescimento da parte aérea. Um segundo grupo de tratamentos, com eficácia simbiótica entre 120 e 137 ues foi formado pelos tratamentos 10, 11, 12 e 15 (*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*). O terceiro grupo, constituído pelos tratamentos 2, 3, 5, 6, 7 e 9 apresentaram eficácia simbiótica entre 53 e 106 ues (*Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama* e *S. calospora*+*O64-ITA6*). Os tratamentos de inoculação 1, 4 e 8 (*Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*O64-ITA6*) foram os que proporcionaram os menores valores de eficácia simbiótica, inferiores a 5%. Sendo assim, a eficácia simbiótica possibilitou uma melhor e mais clara distribuição entre os tratamentos eficientes.

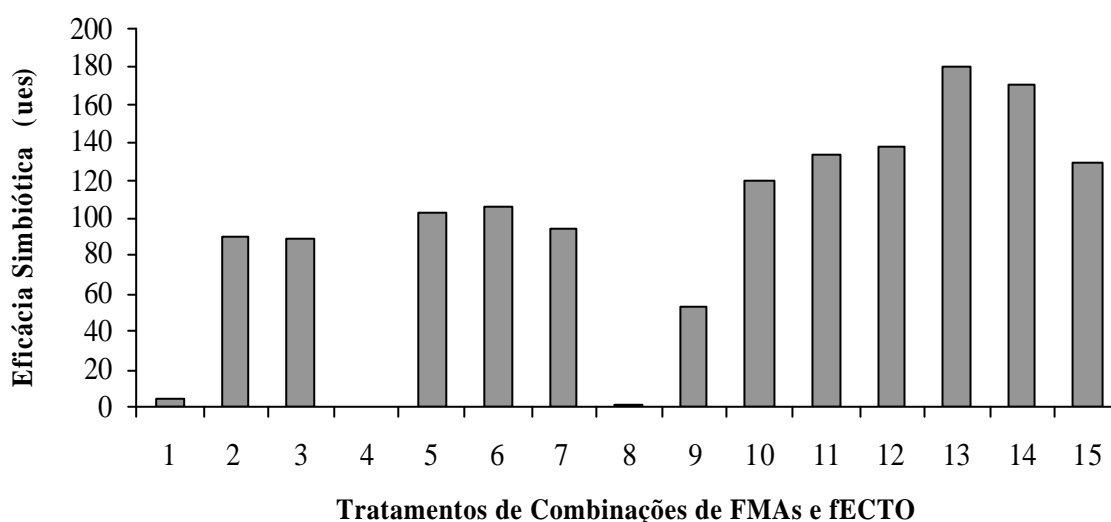


Figura 10. Eficácia Simbiótica (ues) de diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) inoculados em *Acacia mangium*. 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: *O64-ITA6*; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+*O64-ITA6*; 9: *S. calospora*+*O64-ITA6*; 10: *S. heterogama*+*O64-ITA6*; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*.

Uma análise de agrupamento dos tratamentos de inoculações foi construída com base nas variáveis estudadas para melhor compreender as diferenças proporcionadas pelos tratamentos, sendo apresentada na Figura 11. Dois grandes grupos foram formados com distanciamento de 100%. O primeiro grupo é constituído pelos tratamentos de inoculação 1, 8, 4 e 16 (*Acaulospora morrowiae*; *A. morrowiae*+*O64-ITA6*; *O64-ITA6* e tratamento não inoculado) e o segundo grupo, sub-dividido em dois, é composto pelos demais tratamentos de inoculação. O primeiro grupo é constituído pelas inoculações que proporcionaram os menores valores das variáveis referentes ao crescimento vegetativo das plantas de *Acacia mangium*, colonização micorrízica radicular (inferior a 25%) e eficácia simbiótica (abaixo de 10 ues). Este resultado proporcionado pela análise multivariada corrobora com os dados anteriores, solidificando a conclusão de que as inoculações que compõem este grupo não são recomendadas para esta planta.

O segundo grande grupo dividiu-se em dois, sendo o primeiro constituído pelos tratamentos de inoculação 2, 3, 7, 9 e 15 (*Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* e *S. calospora*+*O64-ITA6*) considerado menos eficientes e um segundo sub-grupo formado por 5, 12, 13, 14, 6, 10, 11 (*A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*) considerados mais eficientes.

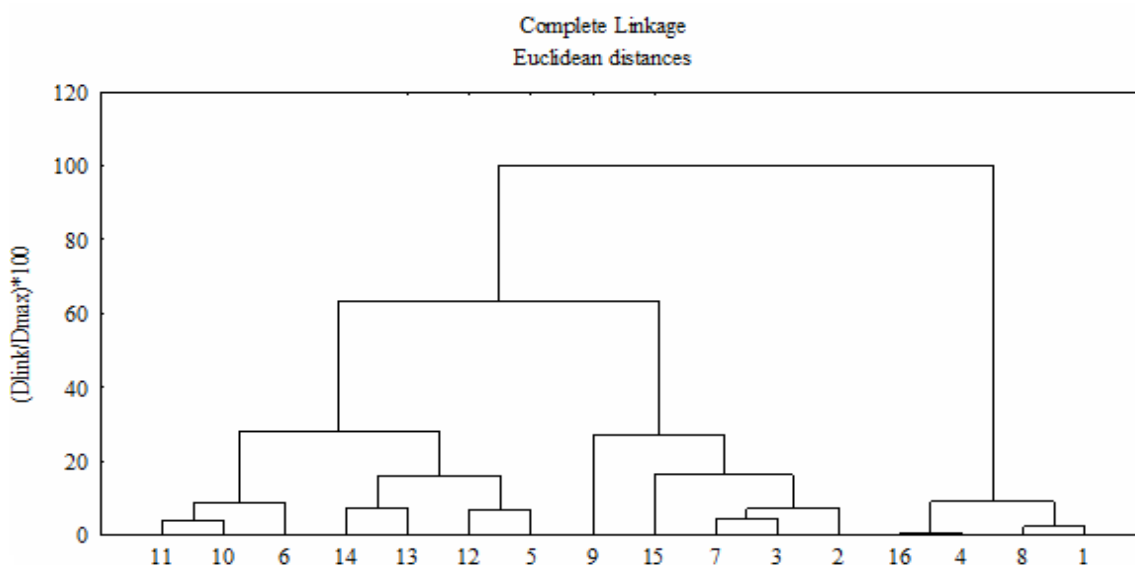


Figura 11. Dendrograma resultante da análise de agrupamento para *Acacia mangium* inoculada com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO). 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: *O64-ITA6*; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+*O64-ITA6*; 9: *S. calospora*+*O64-ITA6*; 10: *S. heterogama*+*O64-ITA6*; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 16: Tratamento não inoculado.

4.3.2 *Acacia holosericea*

As alturas das plantas de *Acacia holosericea* em diferentes tempos após o plantio são apresentadas na Tabela 29. Aos 30 dias após o plantio, ao contrário do observado em *A. mangium*, ainda não se observaram efeitos claros da inoculação em *A. holosericea*, pois vários tratamentos inoculados apresentavam crescimento inferior ao da testemunha não inoculada. Isto pode ser devido ao dreno inicial de fotossintatos para o estabelecimento da simbiose e do fungo na rizosfera. Em algumas condições, observam-se efeitos negativos das micorrizas sobre o crescimento das plantas, mas na maioria das vezes, esses efeitos ocorrem de forma transitória, normalmente nos estágios iniciais da colonização micorrízica, quando o fungo drena fotossintatos sem ainda trazer benefícios nutricionais (SCHWOB et al, 1998). Entretanto, a partir dos 60 de condução experimental, se distinguem os melhores tratamentos de inoculação em relação à testemunha não inoculada, mantendo a mesma resposta até os 120 dias (Tabela 29).

Tabela 29. Altura de plantas de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculo	Altura de plantas de <i>Acacia holosericea</i> (cm)			
	30dias	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora morrowiae</i>	3,68 b	4,43 c	4,83 c	5,25 c
<i>Scutellospora calospora</i>	3,90 b	15,43 a	21,45 a	25,50 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	4,70 a	9,83 b	14,03 b	16,25 b
O64 – ITA 6	3,95 b	4,65 c	5,83 c	7,88 c
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	5,08 a	7,38 b	12,18 b	14,25 b
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	4,60 a	8,50 b	12,25 b	14,25 b
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	4,18 a	13,45 a	18,40 a	21,00 a
<i>A. morrowiae</i> +O64 – ITA 6	3,35 b	4,30 c	6,08 c	7,38 c
<i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	3,05 b	13,75 a	20,28 a	25,00 a
<i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	3,83 b	17,13 a	22,03 a	26,00 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	4,03 b	16,63 a	22,93 a	26,75 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	4,48 a	17,48 a	22,40 a	25,63 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	3,75 b	16,60 a	22,23 a	28,75 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	4,58 a	18,53 a	23,63 a	28,00 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA6	4,25 a	17,03 a	25,83 a	30,25 a
Tratamento não Inoculado	4,30 a	4,95 c	5,48 c	6,75 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	13,20	21,80	23,90	22,50

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

As inoculações com *Scutellospora calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+O64–ITA6; *S. heterogama*+O64–ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64–ITA6; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64–ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64–ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64–ITA6 foram as que promoveram maiores alturas de plantas proporcionando valores médios de 16,22 cm aos 60 dias, 22,13 cm aos 90 dias e 26,32 cm aos 120 dias, enquanto que a testemunha não inoculada apresentou valores de 4,59 cm, 5,48 cm e 6,45 cm, respectivamente aos 60, 90 e 120 dias.

Durante estes 90 dias de condução do experimento, também verificou-se maior crescimento dos tratamentos de inoculação com *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora* e *A. morrowiae*+*S. heterogama* sobre o tratamento não inoculado. Verificou-se

que a inoculação com *Acaulospora morrowiae* e *O64-ITA6*; *A. morrowiae+O64-ITA6*, que não promoviam alturas diferentes da testemunha não inoculada (Tabela 29).

A Tabela 30 mostra os diâmetros do colo das plantas de *Acacia holosericea* nas avaliações mensais dos 60 até os 120 dias após o plantio. Verifica-se que as avaliações de 60 e 90 dias corroboram com os resultados observados com altura de plantas (Tabela 29), quanto aos melhores tratamentos de combinações de inóculo. O diâmetro médio do colo para o grupo de tratamentos que apresentaram maiores magnitudes de valores foi de 1,72 mm, ou seja, 2,8 vezes superior ao valor da testemunha não inoculada (0,61 mm). Entretanto, os tratamentos *S. heterogama*; *A. morrowiae+S. calospora* e *A. morrowiae+S. heterogama*, que apresentavam altura superior à testemunha não inoculada, não apresentaram diâmetro do colo diferente deste tratamento controle.

Tabela 30. Diâmetro do colo de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculo	Diâmetro do colo de <i>Acacia holosericea</i> (mm)		
	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora morrowiae</i>	0,81 b	0,95 b	1,07 c
<i>Scutellospora calospora</i>	1,66 a	2,32 a	2,63 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	0,80 b	1,19 b	1,44 c
<i>O64 – ITA 6</i>	0,53 b	0,84 b	1,04 c
<i>A. morrowiae+S. calospora</i>	0,86 b	1,31 b	1,45 c
<i>A. morrowiae+S. heterogama</i>	0,73 b	1,12 b	1,28 c
<i>S. calospora+S. heterogama</i>	1,57 a	2,18 a	2,43 b
<i>A. morrowiae+O64 – ITA 6</i>	0,76 b	0,88 b	1,02 c
<i>S. calospora+O64 – ITA 6</i>	1,58 a	2,34 a	2,61 b
<i>S. heterogama+O64 – ITA 6</i>	1,71 a	2,40 a	2,51 b
<i>A. morrowiae+S. calospora+O64 – ITA 6</i>	1,73 a	2,42 a	2,89 a
<i>A. morrowiae+S. heterogama+O64 – ITA 6</i>	1,53 a	2,05 a	2,42 b
<i>S. calospora+S. heterogama+O64 – ITA 6</i>	2,12 a	2,79 a	3,11 a
<i>A. morrowiae+S. calospora+S. heterogama</i>	1,81 a	2,50 a	2,98 a
<i>A. morrowiae+S. calospora+S. heterogama+O64 – ITA 6</i>	1,79 a	2,43 a	2,96 a
Tratamento não Inoculado	0,61 b	0,67 b	0,74 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	19,90	18,40	18,21

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

Porém, aos 120 dias após o plantio, o diâmetro do colo permitiu uma maior distinção dos melhores tratamentos do que a fornecida nos meses anteriores ou pela altura de plantas (Tabela 29). Nesta época as inoculações: *S. calospora*; *A. morrowiae+S. calospora+O64-ITA6*; *S. calospora+S. heterogama+O64-ITA6*; *A. morrowiae+S. calospora+S. heterogama*; *A. morrowiae+S. calospora+S. heterogama+O64-ITA6* promoveram maiores diâmetros do caule, destacando-se em relação aos demais tratamentos que também se mostraram eficientes desde os 60 dias após o plantio para a altura e diâmetro do colo (*S. calospora+S. heterogama*; *S. calospora+O64-ITA6*; *S. heterogama+O64-ITA6* e *A. morrowiae+S. heterogama+O64-ITA6*). Apesar disto estes últimos tratamentos ainda apresentaram diâmetro do colo médio de 2,51 mm, o qual é 3,4 vezes maior do que a testemunha não inoculada (0,74 mm).

Os fungos *Acaulospora morrowiae*; *Scutellospora heterogama* e *O64-ITA6*, juntamente com as combinações de inóculos *A. morrowiae+S. calospora*; *A. morrowiae+S. heterogama* e *A. morrowiae+O64-ITA6* apresentaram as menores médias de diâmetro do colo (valor médio de 0,98 mm), não diferindo do tratamento não inoculado.

A massa da parte aérea seca (MPAS) e a massa das raízes secas (MRS) são apresentadas na Tabela 31. Destacaram-se dos demais tratamentos os com inoculação com *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6 e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6 que promoveram maiores MPAS e MRS.

Tabela 31. Massa da parte aérea seca (MPAS), massa das raízes secas (MRS), relação parte aérea:raiz (MPAS/MRS) e área foliar de *Acacia holosericea* inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculo	MPAS (g)	MRS (g)	MPAS/MRS (g)	Área Foliar (cm ²)
<i>Acaulospora morrowiae</i>	0,03 d	0,22 c	0,15 b	0,4 d
<i>Scutellospora calospora</i>	1,18 c	1,08 b	1,15 a	99,6 b
<i>Scutellospora heterogama</i>	0,49 d	0,37 c	1,09 a	45,32 c
O64 – ITA 6	0,14 d	0,20 c	0,66 b	7,55 d
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	0,33 d	0,35 c	0,85 b	44,23 c
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	0,51 d	0,44 c	1,22 a	36,41 c
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	1,49 c	0,84 b	1,52 a	116,99 b
<i>A. morrowiae</i> +O64 – ITA 6	0,12 d	0,28 c	0,55 b	12,65 d
<i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	1,80 c	1,27 b	1,41 a	130,37 b
<i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	1,53 c	1,32 b	1,16 a	127,8 b
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	2,08 b	1,19 b	1,75 a	158,82 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	1,38 c	1,14 b	1,36 a	118,29 b
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	2,68 a	1,60 a	1,7 a	180,76 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	1,95 b	1,25 b	1,61 a	170,24 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	2,55 a	1,83 a	1,47 a	186,72 a
Tratamento não Inoculado	0,04 d	0,19 c	0,21 b	0,48 d
C.V. ⁽¹⁾ (%)	9,50*	10,50*	8,30*	25,0*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

*: Dados transformados pela equação: $x = \text{raiz quadrada de } x + 0,5$ e, apresentados destransformados.

Para a parte aérea, os tratamentos: *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6 e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*, promoveram uma massa acima dos tratamentos *S. calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+O64-ITA6; *S. heterogama*+O64-ITA6 e *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6. Já com o peso das raízes secas não se observou esta separação neste grupo de tratamentos. Os menores valores para as variáveis MPAS e MRS foram encontrados nos tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowiae*; *Scutellospora heterogama*; O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+O64-ITA6 que não diferiram do tratamento não inoculado.

A relação parte aérea:raiz para as plantas de *A. holosericea* está apresentada na Tabela 31. Os tratamentos que proporcionaram relação maior do que 1, conferindo um bom desenvolvimento da parte aérea em relação às raízes, foram as inoculadas com *Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+O64-ITA6; *S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6, não havendo diferenças significativas entre eles.

Os tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*O64-ITA6* e testemunha não inoculada não apresentaram desenvolvimento vegetal semelhantes. Estes tratamentos apresentaram maior desenvolvimento das raízes do que da parte aérea. Isto corrobora os resultados com *Acacia mangium* e amplia em duas combinações de inóculos as que não trazem benefícios de maior sistema aéreo do que subterrâneo.

A área foliar das plantas de *A. holosericea* aos 120 dias após o plantio é apresentada na Tabela 31. Os tratamentos de inoculação *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* foram os que proporcionaram maior área foliar, com valor médio de 174 cm², ou seja, 362 vezes maior do que a testemunha não inoculada, que apresentou média de 0,48 cm². Os tratamentos inoculados com *Scutellospora calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*O64-ITA6*; *S. heterogama*+*O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* apresentaram área foliar média de 119 cm², superior aos tratamentos com *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora* e *A. morrowiae*+*S. heterogama* (média de 42 cm²). Entretanto, ambos os grupos apresentaram médias superiores à testemunha não inoculada. Os fungos *Acaulospora morrowiae* e *O64-ITA6* e sua combinação *A. morrowiae*+*O64-ITA6*, foram os tratamentos que proporcionaram os menores valores médios para a variável área foliar, não diferindo da testemunha não inoculada.

A colonização micorrízica de *A. holosericea* é apresentada na Figura 12. Verificou-se elevada colonização micorrízica nas raízes superior a 71%, para os tratamentos inoculados com *Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*O64-ITA6*; *S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*.

Apenas os tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowiae* e *A. morrowiae*+*O64-ITA6* apresentaram colonização considerada baixa, em torno de 20%, quando comparado aos tratamentos citados anteriormente. Porém ainda assim, apresentaram colonização superior à promovida pelo isolado ectomicorrízico *O64-ITA6* (9,0%).

Diferente de *Acacia mangium*, para *Acacia holosericea* o grupo de tratamentos de maior colonização micorrízica não foi separado. Os tratamentos com baixa colonização foram os mesmos, mas em *Acacia holosericea* o fECTO *O64-ITA6* apresentou colonização superior a da testemunha não inoculada.

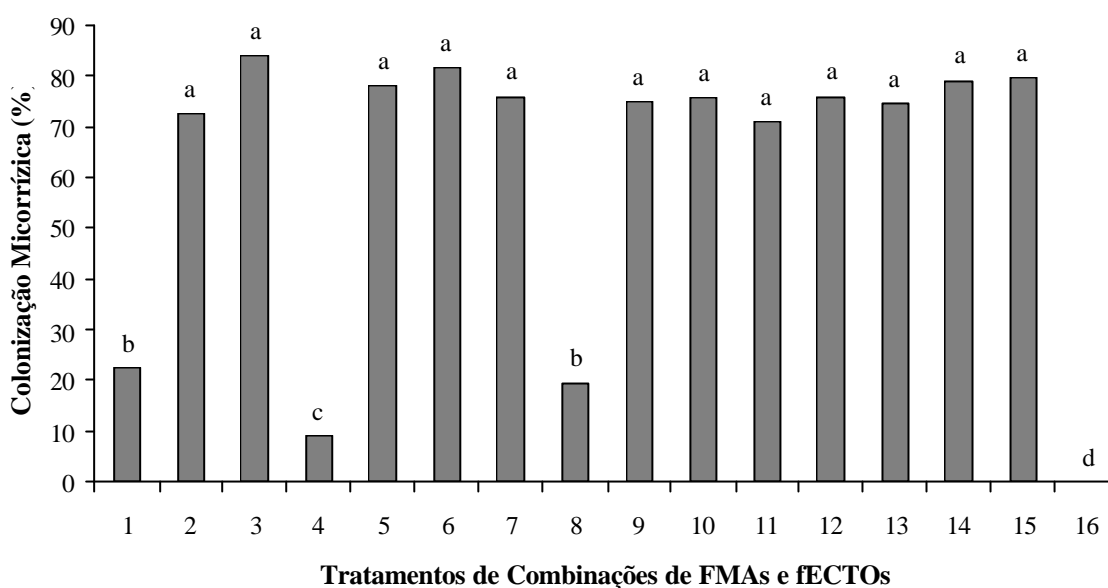


Figura 12. Colonização micorrízica em *Acacia holosericea* inoculada com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: O64-ITA6; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+O64-ITA6; 9: *S. calospora*+O64-ITA6; 10: *S. heterogama*+O64-ITA6; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 16: Tratamento não Inoculado; Barras com mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

A eficácia simbiótica para a *Acacia holosericea* é apresentada na Figura 13. Observa-se que os tratamentos de inoculação 9, 11, 13, 14 e 15 (*S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6) foram os que apresentaram maiores eficácias simbióticas para esta espécie vegetal, variando de 59 até 89 ues, ou seja, um alto incremento percentual na matéria seca por cada unidade percentual de colonização micorrízica. Os tratamentos 2, 7 e 12 (*Scutellospora*; *S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6) apresentaram eficácia média de 44 ues, considerada também bastante elevada quando comparada com os tratamentos de inoculação restantes (*Scutellospora heterogama*; O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *A. morrowiae*+O64-ITA6 e *S. heterogama*+O64-ITA6), que apresentaram as menores eficácias simbióticas, sendo que o tratamento inoculado com *Acaulospora morrowiae* apresentou uma eficácia simbiótica negativa, o que representa prejuízo para a planta por cada unidade de colonização.

Os valores de eficácia simbiótica em *Acacia holosericea* foram em torno de 50% dos valores de *Acacia mangium*, isto indica claramente uma menor resposta desta espécie vegetal à colonização micorrízica quando comparada com *Acacia mangium*.

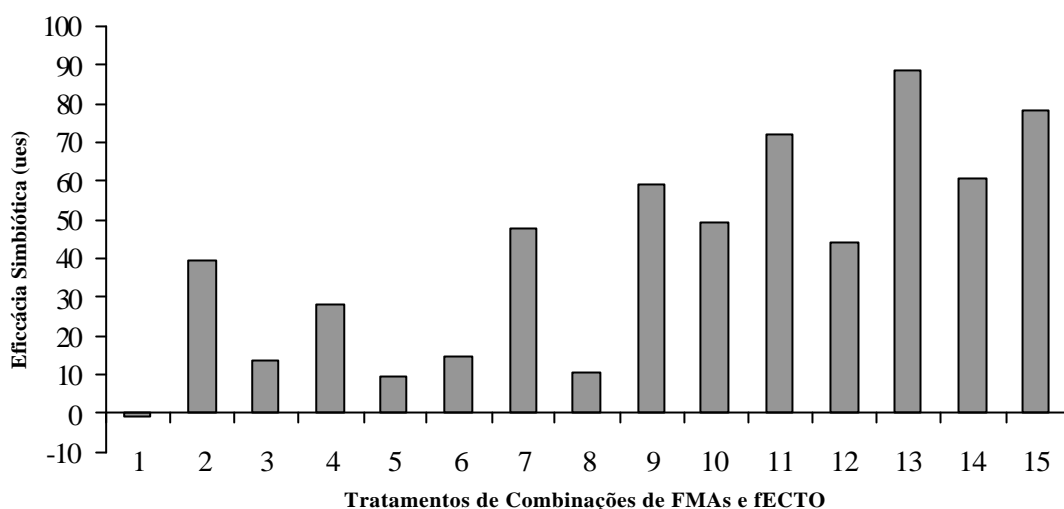


Figura 13. Eficácia Simbiótica (ues) de diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) inoculados em *Acacia holosericea*. 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: O64-ITA6; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+O64-ITA6; 9: *S. calospora*+O64-ITA6; 10: *S. heterogama*+O64-ITA6; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6.

A Figura 14 mostra o dendrograma da análise de agrupamento para *Acacia holosericea* e, observa-se que os tratamentos 1, 8, 4 e 16 (*Acaulospora morrowiae*; *A. morrowiae*+O64-ITA6; O64-ITA6 e tratamento não inoculado) estão isolados dos demais tratamentos de inoculação. Os tratamentos 3, 5 e 6 (*Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*) são os que apresentam uma menor distancia deste primeiro grupo mencionado (44%). Estas combinações, apesar de apresentarem alta colonização micorrízica, possuem uma eficácia simbiótica baixa, inferior a 20 ues, e também apresentaram as menores médias das demais variáveis de crescimento vegetativo das plantas, justificando a proximidade destes tratamentos ao grupo apresentado inicialmente (tratamentos 1, 8, 4 e 16) considerando não diferente do tratamento não inoculado.

As inoculações 2, 7, 12, 9, 10, 11, 14, 13 e 15 (*Scutellospora calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *S. calospora*+O64-ITA6; *S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6 e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6) constituem outro grande grupo de tratamentos, que se distancia em 100% dos tratamentos mencionados anteriormente. Nota-se que os tratamentos 2, 7, 12, 9 e 10 apresentam uma distancia de 42% dos tratamentos de maior eficácia (11, 14, 13 e 15), ou seja, existe 58% de similaridade entre estes grupos, ilustrando que as diferentes combinações proporcionam efeitos similares nas variáveis estudadas durante o experimento.

calospora+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* (Tabela 32). Aos 90 dias, estes tratamentos apresentaram um valor de altura média de 19,50 cm, ou seja, 3,2 vezes superior à da testemunha não inoculada e, aos 120 dias, estes mesmos apresentaram uma altura média de 23,20 cm, sendo 3,4 vezes maior do que esta testemunha. Nestes últimos dois meses de condução experimental, as plantas inoculadas com *Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*O64-ITA6* apresentam baixo crescimento, não diferindo da altura do controle não inoculado.

Tabela 32. Altura de plantas de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 30, 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculos	Altura de plantas de <i>Acacia auriculiformis</i> (cm)			
	30dias	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora morrowiae</i>	3,73 b	4,68 b	5,70 b	6,75 b
<i>Scutellospora calospora</i>	4,78 a	12,93 a	21,08 a	26,00 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	4,43 a	12,20 a	16,13 a	18,88 a
<i>O64 – ITA 6</i>	4,68 a	5,10 b	5,65 b	6,50 b
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	5,10 a	12,78 a	18,83 a	22,75 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	4,70 a	9,48 b	13,23 a	16,00 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	4,10 b	13,65 a	19,45 a	23,00 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	3,90 b	4,30 b	4,65 b	5,25 b
<i>S. calospora</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	5,26 a	16,90 a	22,93 a	26,25 a
<i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	4,73 a	11,63 a	16,73 a	19,33 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	4,45 a	17,43 a	22,28 a	26,50 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	4,84 a	13,83 a	19,95 a	22,75 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	3,88 b	16,03 a	21,68 a	26,50 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	4,65 a	15,60 a	20,23 a	23,50 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 – ITA 6</i>	4,05 b	15,25 a	21,43 a	26,75 a
Tratamento não Inoculado	3,85 b	5,38 b	6,13 b	6,88 b
C.V. ⁽¹⁾ (%)	11,70	32,30	31,60	31,60

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A Tabela 33 mostra os diâmetros do colo das plantas de *Acacia auriculiformis* nas avaliações mensais dos 60 até os 120 dias após o plantio. Aos 60 dias, os tratamentos: *Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* foram os que apresentaram maiores diâmetros do colo. Em seguida, os tratamentos inoculados com *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* e *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* também demonstraram ser eficientes, sendo superiores ao tratamento não inoculado. Os menores diâmetros do colo foram encontrados nas plantas inoculadas com *Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*O64-ITA6* que não diferenciaram do tratamento não inoculado.

Aos 90 dias, os mesmos tratamentos que proporcionaram as maiores médias aos 60 dias, continuam proporcionando maiores diâmetro do colo, com exceção dos tratamentos inoculados com *Scutellospora heterogama* e *S. calospora*+*S. heterogama*, que não diferiram dos tratamentos *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* e *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*. Os menores diâmetros do colo continuaram a ocorrer nas plantas

inoculadas com *Acaulospora morrowiae*; O64-ITA6; *A. morrowiae*+O64-ITA6, que não diferiram da testemunha não inoculada.

Aos 120 dias, o FMA *Scutellospora calospora* e as combinações *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6 proporcionaram médias de diâmetro do colo de 3,44 mm, a qual é 2,5 vezes maior do que o tratamento não inoculado, 1,34 mm. Os tratamentos *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+O64-ITA6 e *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6 proporcionaram médias intermediárias para a variável (valor médio de 2,51 mm). Os menores diâmetros do colo continuaram sendo encontrados nas plantas inoculadas com *Acaulospora morrowiae*; O64-ITA6; *A. morrowiae*+O64-ITA6 e no tratamento não inoculado, como ocorrido em todos os períodos de avaliação.

Tabela 33. Diâmetro do colo de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculos	Diâmetro do colo de <i>Acacia auriculiformis</i> (mm)		
	60 dias	90 dias	120 dias
<i>Acaulospora morrowiae</i>	0,79 c	1,07 c	1,27 c
<i>Scutellospora calospora</i>	2,41 a	2,83 a	3,53 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	1,71 a	2,42 b	2,87 b
O64 – ITA 6	0,89 c	1,11 c	1,24 c
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	1,52 b	2,35 b	2,60 b
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	1,40 b	2,05 b	2,25 b
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	1,83 a	2,45 b	3,02 a
<i>A. morrowiae</i> +O64 – ITA 6	0,77 c	0,98 c	1,29 c
<i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	2,02 a	2,69 a	3,21 a
<i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	1,47 b	2,12 b	2,51 b
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> +O64 – ITA 6	1,71 a	3,02 a	3,57 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	1,28 b	1,98 b	2,31 b
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	1,37 b	2,40 b	3,14 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	2,05 a	2,89 a	3,33 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> +O64 – ITA 6	2,07 a	2,99 a	3,58 a
Tratamento não Inoculado	0,74 c	0,90 c	1,34 c
C.V. ⁽¹⁾ (%)	27,90	23,19	24,40

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

A massa de parte aérea seca (MPAS) e das raízes secas (MRS) são apresentadas na Tabela 34. Os fungos que apresentaram maiores MPAS foram: *Scutellospora calospora*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6. Já as inoculações com *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+O64-ITA6 e *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6 compõem um segundo grupo de tratamentos que não diferem entre si, mas são inferiores ao primeiro grupo, e superiores aos demais tratamentos inoculados (*Acaulospora morrowiae*; O64-ITA6 e *A. morrowiae*+O64-ITA6) os quais não diferiram do tratamento não inoculado.

Observa-se para a massa das raízes secas (MRS), relação parte aérea:raízes (MPAS/MRS) e também área foliar os mesmos resultados estatísticos (Tabela 34). As plantas

quando inoculadas com *Scutellospora calospora*; *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*O64-ITA6*; *S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O6-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6* apresentaram médias superiores às encontradas nos tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6* e sua combinação *A. morrowiae*+*O64-ITA6*, que não diferiram do tratamento não inoculado. Estes resultados corroboram com os resultados encontrados para altura de plantas e diâmetro do colo aos 60, 90 e 120 dias de condução experimental.

Tabela 34. Massa da parte aérea seca (MPAS), massa das raízes secas (MRS), relação parte aérea:raiz (MPAS/MRS) e área foliar de *Acacia auriculiformis* inoculadas com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 60, 90 e 120 dias após plantio em casa de vegetação.

Tratamentos de combinações de inóculo	MPAS (g)	MRS (g)	MPAS/MRS (g)	Área Foliar (cm ²)
<i>Acaulospora morrowiae</i>	0,02 c	0,19 b	0,13	b 0,27 b
<i>Scutellospora calospora</i>	2,15 a	2,45 a	0,87	a 90,06 a
<i>Scutellospora heterogama</i>	1,10 b	1,00 a	1,16	a 66,03 a
<i>O64 - ITA 6</i>	0,08 c	0,21 b	0,41	b 1,86 b
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i>	1,65 a	1,30 a	1,44	a 85,3 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i>	1,15 b	0,93 a	1,62	a 64,17 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	1,80 a	1,50 a	1,87	a 73,41 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>O64 - ITA 6</i>	0,03 c	0,24 b	0,14	b 0,27 b
<i>S. calospora</i> + <i>O64 - ITA 6</i>	2,20 a	1,64 a	1,45	a 145,52 a
<i>S. heterogama</i> + <i>O64 - ITA 6</i>	1,13 b	1,32 a	0,87	a 70,91 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>O64 - ITA 6</i>	2,00 a	1,91 a	1,10	a 102,12 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 - ITA 6</i>	1,20 b	1,29 a	0,93	a 70,92 a
<i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 - ITA 6</i>	1,75 a	1,50 a	1,23	a 91,33 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i>	2,47 a	1,59 a	2,30	a 95,74 a
<i>A. morrowiae</i> + <i>S. calospora</i> + <i>S. heterogama</i> + <i>O64 - ITA 6</i>	2,60 a	2,04 a	1,29	a 110,15 a
Tratamento não Inoculado	0,05 c	0,15 b	0,38	b 2,16 b
C.V. ⁽¹⁾ (%)	12,3*	14,3*	18,3*	28,8*

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%. ⁽¹⁾: Coeficiente de variação (C.V.) da análise de variância;

*: Dados transformados pela equação: $x = \text{raiz quadrada de } x + 0,5 \text{ e, apresentados destransformados.}$

A colonização micorrízica é apresentada na Figura 15. A colonização micorrízica de *Acacia auriculiformis* apresentou grande distinção entre os diferentes tratamentos, ao contrário do observado em *Acacia holosericea*. Valores muito elevados (acima de 75%) foram encontrados para a colonização das combinações de inóculos: *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*. Abaixo deste grupo, com colonização em torno de 70%, estão os tratamentos de inoculação com *Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+*O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*, o que também foram considerados porcentagens de colonização elevadas.

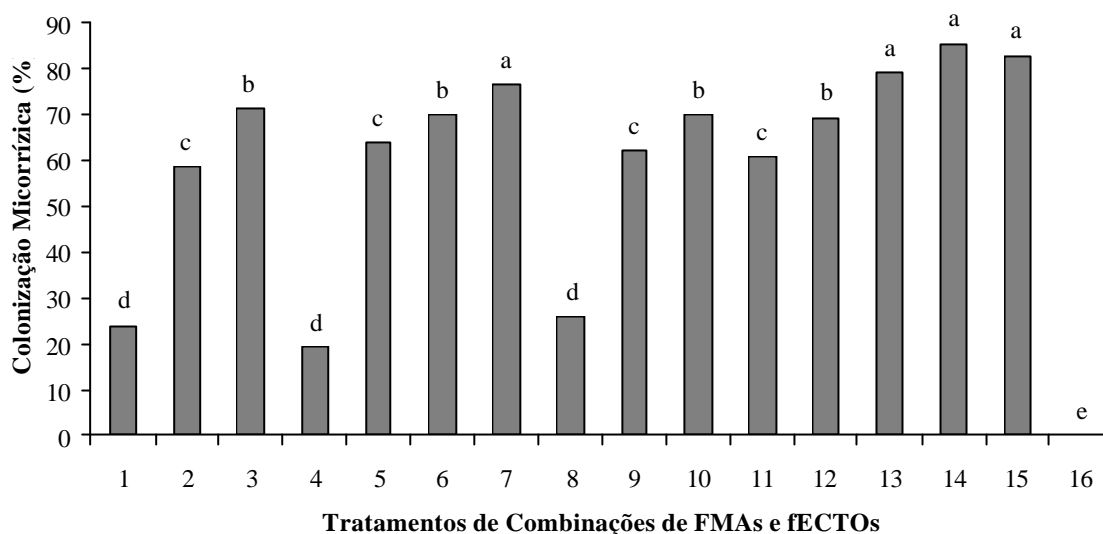


Figura 15. Colonização micorrízica em *Acacia auriculiformis* inoculada com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) aos 120 dias após plantio em casa de vegetação. 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: *O64-ITA6*; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+*O64-ITA6*; 9: *S. calospora*+*O64-ITA6*; 10: *S. heterogama*+*O64-ITA6*; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 16: Tratamento não Inoculado; Barras com mesmas letras, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

Um terceiro grupo de separação foi formado com os tratamentos inoculados com *Scutellospora calospora*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *S. calospora*+*O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6* que apresentam colonização variando entre 58 e 63%. As menores taxas de colonização radicular foram encontradas nos tratamentos inoculados com *Acaulospora morrowiae*, *O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*, em média 23%. Estes tratamentos, mesmo com colonizações consideradas baixas para a espécie estudada, diferem da testemunha não inoculada, onde não foi verificada colonização micorrízica, indicando a ausência de contaminação dos vasos durante a condução deste experimento. Em *Acacia auriculiformis* e *Acacia holosericea* não houve tratamentos cuja colonização não fosse superior à do tratamento não inoculado, tal como ocorreu com a inoculação do fECTO *O64-ITA6* em *Acacia mangium* (Figuras 9, 12 e 15).

A eficácia simbiótica para as plantas de *Acacia auriculiformis* é representada na Figura 16. Os tratamentos de inoculação 2, 9, 11, 14 e 15 (*Scutellospora calospora*; *S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*) foram os que apresentaram maiores valores de eficácia simbiótica, variando entre 60 e 70 ues de incremento porcentual no peso de parte aérea seca para cada unidade porcentual de colonização micorrízica. As menores taxas de eficácia simbiótica foram verificadas nos tratamentos de inoculação 1, 4 e 8 (*Acaulospora morrowiae*; *O64-ITA6* e *A. morrowiae*+*O64-ITA6*), dos quais, os tratamentos 1 e 8 apresentaram valores de eficácia

simbiótica negativa, mostrando que o desenvolvimento vegetativo das plantas foi prejudicado pela colonização micorrízica.

Os tratamentos 3, 5, 6, 7, 10, 12 e 13 (*Scutellospora heterogama*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*; *S. calospora*+*S. heterogama*; *S. heterogama*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64-ITA6 e *S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6) foram os que apresentaram valores intermediários de eficácia simbiótica, variando entre 28 a 50 ues.

Os valores de eficácia simbiótica de *Acacia auriculiformis* foram inferiores aos de *Acacia holosericea* e cerca de 30% dos valores de *Acacia mangium*. Entre as três espécies de *Acacia* estudadas, a *Acacia auriculiformis* é a que menos responde em crescimento à inoculação de fungos micorrízicos, porém há de se tomar cuidado na interpretação desta informação, pois o fato de planta apresentar menor resposta aos fungos não implica que apresente pouca dependência micorrízica. A falta dos fungos em *Acacia auriculiformis* pode ser tão ou mais danosa ao seu crescimento do que em *Acacia mangium* (SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA, 1995). Assim, a informação da eficácia simbiótica não é útil para estimar a dependência micorrízica das plantas, mas mostrou-se extremamente capaz de diferenciar combinações de inoculantes mais eficientes, que promoviam maior crescimento com menor colonização radicular e possivelmente, assim, com menor dreno de fotoassimilados.

Comparando-se a eficácia simbiótica das combinações de inóculos nas três espécies de *Acacia* verifica-se que apenas os tratamentos 11, 14 e 15 (*A. morrowiae*+*S. calospora*+O64-ITA6; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64-ITA6) são bastante eficazes para as três espécies vegetais estudadas, com valores médios destes tratamentos de eficácia simbiótica de 162 ues para *Acacia mangium*, 71 ues para *Acacia holosericea* e 56 ues para *Acacia auriculiformis*. Os demais tratamentos de inoculação foram variáveis, sendo eficazes para duas ou apenas uma espécie de *Acacia*. O comum nestes três tratamentos é a presença da combinação “*A. morrowiae*+*S. calospora*”. NO geral, as combinações eficazes possuem *Scutellospora calospora*, porém a combinação deste fungo com outros foi sempre mais eficaz do que sua inoculação isolada, indicando que os fungos inoculados em conjunto podem ter efeitos complementares em beneficiar a planta hospedeira (SMITH, et al., 2000; VAN DER HEIJEN et al., 1998).

Neste sentido, a mistura de fungos pode ser considerada uma prática ideal, havendo o conhecimento prévio do comportamento da combinação dos mesmos, com vistas à otimização desta associação. Estas diferentes inoculações evoluem para o uso de um inoculante de múltiplas espécies, o que seria um passo importante no sentido de obter melhores mudas para a recuperação de áreas degradadas e menor dependência de insumos para seu plantio e estabelecimento em campo.

Foi surpreendente nestes três experimentos de combinações de inóculo a péssima resposta das *Acácias* à inoculação de *Acaulospora morrowiae* isolada ou combinada com o FECTO O64-ITA6, isto porque nos experimentos iniciais de seleção de fungos mais eficientes iniciais foi um dos fungos mais eficientes para as três espécies de *Acacia*. Este desempenho tão diferente, no mesmo solo e planta, pode ser justificado pela perda da viabilidade do inoculante de *Acaulospora morrowiae* utilizado no intervalo de tempo entre as conduções das duas séries de experimentos. Entretanto isto não é comum, a hipótese possível é que esta espécie de fungo micorrízico tenha um desempenho sazonal diferente. Como a segunda série de experimentos foi conduzida durante o inverno, com dias mais curtos, isto pode ter prejudicado o desempenho de *Acaulospora morrowiae*. Estudos adicionais e focados para este problema têm de ser realizados para esclarecer o comportamento tão distinto desta espécie de FMA. A falha da multiplicação de FMAs empregando mesmo solo e planta é comum de ocorrer em coleções de fungos e não se consegue detectar corretamente as causas.

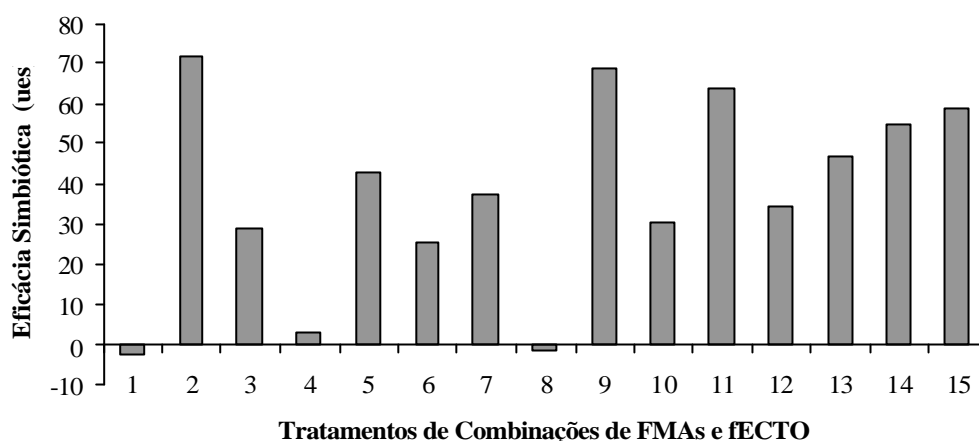


Figura 16. Eficácia Simbiótica (ues) de diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) inoculados em *Acacia auriculiformis*. 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: *O64-ITA6*; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+*O64-ITA6*; 9: *S. calospora*+*O64-ITA6*; 10: *S. heterogama*+*O64-ITA6*; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*.

Através da análise de agrupamento dos tratamentos de combinações de inóculo em *Acacia auriculiformis* foi verificado também que os tratamentos de inoculação 1, 8, 4 e 16 (*Acaulospora morrowiae*; *A. morrowiae*+*O64-ITA6*; *O64-ITA6* e tratamento não inoculado) apresenta-se 100% de distanciamento dos demais tratamentos de inoculação (Figura 17). Observa-se a formação de três subgrupos entre os tratamentos que não fazem parte dos citados anteriormente. Os tratamentos 2, 11, 5, 13, 14 e 15 (*Scutellospora calospora*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*; *S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*) separam-se aproximadamente em 38% do grupo formado pelos tratamentos 3, 10, 12, 7 e 6 (*Scutellospora heterogama*; *S. heterogama*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. heterogama*+*O64-ITA6*; *S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. heterogama*).

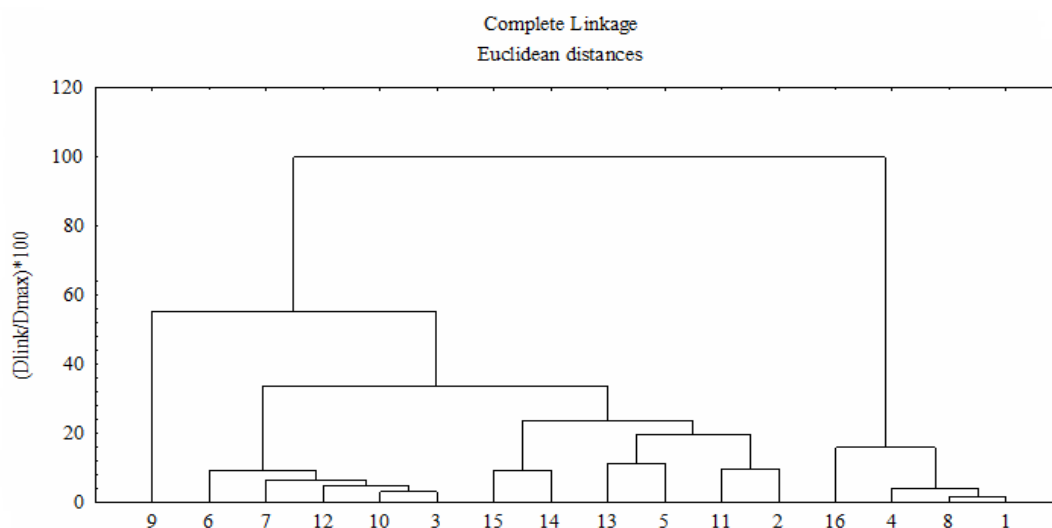


Figura 18. Dendrograma resultante da análise de agrupamento para *Acacia auriculiformis* inoculada com diferentes combinações de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e isolado de fungo ectomicorrízico (fECTO) em casa de vegetação. 1: *Acaulospora morrowiae*; 2: *Scutellospora calospora*; 3: *Scutellospora heterogama*; 4: O64 – ITA 6; 5: *A. morrowiae*+*S. calospora*; 6: *A. morrowiae*+*S. heterogama*; 7: *S. calospora*+*S. heterogama*; 8: *A. morrowiae*+O64 – ITA 6; 9: *S. calospora*+O64 – ITA 6; 10: *S. heterogama*+O64 – ITA 6; 11: *A. morrowiae*+*S. calospora*+O64 – ITA 6; 12: *A. morrowiae*+*S. heterogama*+O64 – ITA 6; 13: *S. calospora*+*S. heterogama*+O64 – ITA 6; 14: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*; 15: *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+O64 – ITA 6; 16: Tratamento não inoculado;

5 CONCLUSÕES

Acacia mangium, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis* mostraram-se extremamente parecidas quanto a preferência por fungos micorrízicos;

Para as três espécies de *Acacia* os fungos micorrízicos arbusculares que promoveram maior crescimento de plantas e demonstraram ser os mais eficientes são *Scutellospora calospora*, *Scutellospora heterogama*, *Scutellospora gilmorei* e *Acaulospora morrowiae*;

A colonização micorrízica dos fungos eficientes foi elevada nas três espécies de *Acacia*, sendo superior a 75%;

Acacia mangium foi a espécie mais responsiva a inoculação em crescimento, seguida de *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*;

Nenhum isolado de fungo ectomicorrízico testado mostrou-se eficiente para as espécies de *Acacia* no tempo de condução dos experimentos;

Apenas os fungos ectomicorrízicos *UFSC Pt193*, *O 64-ITA6* e *O 40-ORS 7870* colonizaram as raízes das três espécies de *Acacia*;

Embora não significativo, o fungo ectomicorrízico *O 64-ITA6* foi o que apresentou mais magnitude de colonização micorrízica nas três espécies de *Acacia*;

A inoculação combinada de três ou mais inoculantes fúngicos mostrou-se mais eficaz em promover o crescimento das plantas de *Acacia mangium*, *Acacia holosericea* e *Acacia auriculiformis*;

As combinações com maior eficácia simbiótica foram *A. morrowiae*+*S. calospora*+*O64-ITA6*; *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama* e *A. morrowiae*+*S. calospora*+*S. heterogama*+*O64-ITA 6*;

A estimativa da eficácia simbiótica mostrou-se extremamente capaz de selecionar combinações de inoculantes micorrízicos mais promissores em promover o crescimento de plantas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOT, L. K.; ROBSON, A. D.; GAZEY, C. Selection Inoculant Vesicular-arbuscular Mycorrhizal fungi. **Methods in Microbiology**, v. 24, p. 1-21, 1992.
- ALEXANDER, I.; AHMAD, N.; SEE, S. S. The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Serie Biological Science**, London, v.335, n.1275, p.379-388, mar.1992.
- ALVES, M. C. **Cultura do algodão, soja, milho e feijão em sucessão com quatro adubos verdes em dois sistemas de semeadura**. 1992. 173 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terraplano e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. 2001. 83 f. Tese (Livre Docência em Solos) - Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- AKIYAMA, K.; MATSUZAKI, K.; HAYASHI, H. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. **Nature**, v.435, p. 824-827, 2005.
- ANDRIOLO, J.; PEREIRA, P. A. A.; HENSON, R. A. Variabilidade entre linhas de formas silvestres quanto a características relacionadas com a fixação biológica de N₂. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 6, p. 831-837, jun. 1994.
- ANTIBUS, R. K.; KROEHLER, C. J.; LINKINS, A. E. Phosphatase activities and phosphorus uptake from inositol phosphate by ectomycorrhizal fungi. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v.70, p. 794-801, 1992.
- AUGÉ, R. M.; STODOLA, A. J. W.; TIMS, J. E.; SAXTON, A. M. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.230, p.87-97, 2001.
- AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. Applying mycorrhizal biotechnology to horticulture: significance and potentials. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 68, p. 1-24, 1997.
- BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; ABUBAKER, J.; JUN, J.; ALLEN, J. W.; BROUILLETTE, J.; DOUDS, D.; LAMMERS, P. J.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon export from arbuscular mycorrhizal roots involves the translocation of carbohydrate as well as lipid. **Plant Physiology**, v.131, n.3, p.1496-1507, Mar. 2003.
- BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. **Plant Physiology**, v. 124, p. 949-958, 2000.
- BAGO, B.; PFEFFER, P. E.; DOUDS, D. D.; BROUILLETTE, J.; BECARD, G.; SHACHAR-HILL, Y. Carbon metabolism in spores of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* as revealed by nuclear magnetic resonance spectroscopy. **Plant Physiology**, v. 121, p. 263-272, 1999.
- BAREA, J. M.; AZCÓN-AGUIAR, C. Micorrizas and their significance in nodulating-fixing plants. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.36, p.1-54, 1993.
- BAREA, J. M.; AZCÓN, R.; AZCÓN-AGUILAR, C. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen-fixing systems. In: Norris JR, Read DJ, Varma AK (eds) *Methods in microbiology: Techniques for the study of Mycorrhizae*. **Academic Press**, London, p. 391-416, 1992.

- BAREA, J. M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROLDAN-FAJARDO, B. Avances recientes en el estudio de la micorrizas VA-I. Formacion, funcionamiento y efectos em nutricion vegetal. **Anal. Edafol. Agrobiology**, Madrid, Tomo XLIII, n.6, p.659-677, 1984.
- BAREA, J. M.; AZCÓN-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. **Advances in Agronomy**, v. 36, p. 1-54, 1983.
- BARKER, S. J.; TAGU, D.; DELP, G. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbioses. **Plant Physiology**, Rockville, v. 116, n. 4, p. 1021-1207, 1998.
- BÉCARD, G.; KOSUTA, S.; TAMASLOUKHT, M.; SÉJALON- DELMAS, N.; ROUX, C. Partner communication in the arbuscular mycorrhizal interaction. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa , v. 82, p. 1186–1197, 2004.
- BÉCARD, G.; PICHÉ, Y. New aspects on the acquisition of biotrophic status by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*. **New Phytologist**, New York , v. 112, p. 77–83, 1989.
- BETHLENFALVAY, G. J.; LINDERMAN, R. G. Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA/CSSA/SSSA, Madison, p. 124, 1992.
- BENEDETTO, A.; MAGURNO, F.; BONFANTE, P.; LANFRANCO, L. Expression profiles of a phosphate transporter gene (GmosPT) from the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. **Mycorrhiza**, v. 15, p. 620–627, 2005.
- BIRRAUX, D.; FRIES, N. Germination of *Thelephora terrestris* basidiospores. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 59, n. 11, p. 2062-2064, 1981.
- BLEE, K.; ANDERSON, A. Regulation of arbuscule formation by carbon in the plant. **The Plant Journal**, v. 16, p. 523–530, 1998.
- BOLAN, N. S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, v.134, p.189-207, 1991.
- BORGES, W. L. **Análise da variabilidade genética e avaliação da fixação biológica de nitrogênio entre acessos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.)**. 2006. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.
- BOUGHER, N. L.; GROVE, T. S.; MALAJCZUK, N. Growth and phosphorus acquisition of karri (*Eucalyptus diversicolor* B. Muell.) seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi in relation to phosphorus supply. **New Phytologist**, Cambridge, Grã-Bretanha, v.114, n.1, p.77-85, 1990.
- BREUNINGER, M.; REQUENA, N. Recognition events in Arbuscular Mycorrhizal symbiosis: analysis of fungal gene expression at the early appressorium stage. **Fungal Genetics Biology**, v. 41, p. 794–804, 2004.
- BRUNDRETT, M. C. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. **New Phytologist**, New York, v. 154, n. 2, p. 275-304, 2002.
- BRUNDRETT, M.; BOUGHER, N. L.; DELL, B.; GROVE, T.; MALAJCZUK, N. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, p.374, 1996.
- BUÉE, M.; ROSSIGNOL, M.; JAUNEAU, A.; RANJEVA, R.; BÈCARD, G. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates. **Mol Plant Microbe Interact**, v. 13, p. 693-698, 2000.

- CAPRONI, A. L.; FRANCO, A. A.; BERBARA, L. L. B.; GRANHA, J. R. D. de O.; MARINHO, F. M. Fungos Micorrízicos Arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. **Revista Árvore**, v.29, n.3, p.373-381, 2005.
- CARDOSO, E. J. B. N. Efeito de micorriza vesículo-arbuscular e fosfato-de-rocha na simbiose Soja-*Rhizobium*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 125-130, 1985.
- CARDOSO, E. J. B. N. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em soja, com *Rhizobium japonicum* e fosfato de rocha, em função do tipo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 17-23, 1986.
- CHABAUD, M.; VENERD, C.; DEFAUX-PETRAS, A.; BECARD, G.; BARKER, D. Targeted inoculation of *Medicago truncatula* in vitro root cultures reveals MtENOD11 expression during early stages of infection by arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, New York, v. 156, p. 265–273, 2002.
- CHARTARPAUL, P; CHAKRAVARTY, P; SUBRAMANIAM, P. Studies in tetrapartite symbioses. I. Role of ecto-endomycorrhizal fungi and *Frankia* on the growth performance of *Alnus incana*. **Plant and Soil**, v. 118, p. 145-150, 1989.
- CHEN, D. M.; ANDREW; TAYLOR, F. S.; BURKE, R. M. ; CAIRNEY, J. W. G. Identification of genes for lignin peroxidases and manganese peroxidases in ectomycorrhizal fungi. **New Phytologist**, New York, v. 152, n. 1, p. 151-158, 2001.
- COLOZZI-FILHO, A.; BALOTA, E. L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**, Brasília, Embrapa-SPI, p.383-418, 1994.
- CORNTET, F.; DIEM H. G. Étude comparative de l'efficacité des souches de *Rhizobium* d'*Acacia* isolées de sols du Sénégal et effet de la double symbiose *Rhizobium* – *Glomus mosseae* sur la croissance de *Acacia holosericea* et *A. raddiana*, Bois Forêts Tropiq. 198 (1982) 3–15. **Plant Soil**, v. 117, p. 243–253, 1989.
- CORREA, R. S. Regeneração da vegetação de cerrado em uma área de empréstimo no Parque Nacional de Brasília. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SABANNAS, 1. 1996, Brasília, DF. **Anais...** Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p.182-185, 1996.
- COSTA, N.L., PAULINO, V.T., RODRIGUES, A.N.A. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal and phosphate fertilization on growth, nodulation and nitrogen and phosphorus uptake of pigeonpea. **Nitrogen Fixing Tree Res. Reports**, v.8, p.123-125, 1990.
- DELA CRUZ, R.E.; MANALO, M.Q.; AGGANGAN, N.S.; TAMBALO, J.D. et al. Growth of trees inoculated with VA mycorrhizal fungi and *Rhizobium*. **Plant and Soil**, v. 108, p. 111-115, 1988.
- DE SOUZA, F. A.; SILVA, E. M. R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. pp. 255-290. In: J.O. SIQUEIRA (ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELO, E. F. C. Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes em solo degradado pela extração de bauxita e cultivado com *Eucalyptus pellita* e *Acacia mangium*, p. 515-525. In: BALENSIEFER, M.; ARAÚJO, A. J.; ROSOT, N. C. (eds.). **Anais...** Simpósio Sul-Americano I e Simpósio Nacional II de Recuperação de Áreas Degradadas. FUPEF, Curitiba, 1994.

DINIZ, P. F. A. **Influência do fungo micorrízico arbuscular (*Glomus clarum*) sobre características biofísicas, nutricionais, metabólicas e anatômicas em plantas jovens de seringueira**. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

DHILLION, S. S. Host endophyte specificity of vesicular arbuscular mycorrhizal colonization of *Oryza sativa* L. at the pre-transplant stage in low or high phosphate soil. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.24, n.5, p.405-411, may 1992.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e Caracterização de áreas degradadas. *In: Recuperação de áreas degradadas*. DIAS, L. E.; MELLO, J. V. M. (ed). – Viçosa: UFV, Departamento de solos; sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, p.1-7. 1998.

DIGHTON, J.; POSKITT, J. M.; BROWN, T. K. Phosphate influx into ectomycorrhizal and saprotrophic fungal hyphae in relation to phosphorus supply: a potential method for selection of efficient mycorrhizal species. **Mycological Research**, v. 97, p. 55-358, 1993.

DIGHTON, J.; MASON, P. A. Mycorrhizal dynamics during forest tree development. *In: MOORE, D. et al. (Eds.). Developmental Biology of Higher Fungi*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. p. 177-139.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *In: DORAN, J.W. (Eds) Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison: ASA / SSSA, p.3-21, 1994.

DRÜGE, U.; SCHÖNBECK, F. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection on transpiration, photosynthesis and growth of flax (*Linum usitatissimum* L.) in relation to cytokinin levels. **Journal of Plant Physiology**, v.141, p.40-48, 1993.

DUCOUSSO M.A. **Importance et rôle des symbioses chez les acacias**. 1990. PhD thesis - University of Lyon, France.

DUDDRIDGE, J. A.; MALIBARI, A., READ, D. J. Structure and function of mycorrhizal rhizomorphs with special reference to their role in water transport. **Nature**, London, v. 287, n. 5785, p. 235, 1980.

EATON, G. K.; AYRES, M. P. Plasticity and constraint in growth and protein mineralization of ectomycorrhizal fungi under simulated nitrogen deposition. **Mycologia**, New York, v. 94, n. 6, p. 921-932, 2002.

ELIAS, K. S; SAFIR, G. R. Hiuphal elongation of *G. fasciculatus* in response to root exudates. **Apply Environmental Microbiology**, v. 53, p. 1928-1933, 1987.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados**. Brasília: Embrapa – CNPS, 1992, 8p. (Embrapa-CNPS, Comunicado Técnico, 9).

FRANCO, A. A.; CAMPOS NETO, D.; CUNHA, C. de O.; CAMPELLO, E. F. C.; MONTEIRO, E. M. S.; SANTOS, C. J. F.; FONTES, A. M.; FARIA, S. M. **Revegetação de solos degradados**. *In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS*, 1991, Itaguaí. **Anais...** Itaguaí: UFRRJ/Departamento de Ciências Ambientais, p.133-157.

FRANCO, M. C. **Capacidade de nodulação de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestres e domesticados**. 1993. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FRANK, B. On the root-symbiosis-depending nutrition through hypogeous fungi of certain trees. *Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft*, v. 3, p. 128-145, 1885. Tradução de J.

- M. Trappe. In: Proceedings of the 6th North American conference on Mycorrhizae, **Bend: Oregon State University**, p. 25-29, 1985.
- FRIES, N.; SWEDJEMARK, G. Specific effects of tree roots on spore germination in the ectomycorrhizal fungus, *Hebeloma mesophaeum* (Agaricales). In : Mycorrhizae: physiology and genetics, **1st European Symposium on Mycorrhiza**, Dijon: INRA, 1986. p. 725-730.
- FRIES, N.; BIRRAUX, D. Spore germination in *Hebeloma* stimulated by living plants roots. **Experientia**, Basel, v. 36, n. 9, p. 1056-1057, 1980.
- GADKAR, V.; DAVID-SCHWARTZ, R.; KUNIK, T.; KAPULNIK, Y. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization. Factors involved in host recognition. **Plant Physiology**, v. 127, p.1149-1499, 2001.
- GARRIOCK, M.; PETERSON, R.; ACKERLEY, C. Early stages in colonization of *Allium porrum* (leek) roots by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus versiforme*. **New Phytologist**, v. 112, p. 85–92, 1989.
- GENRE, A.; CHABAUD, M.; TIMMERS, T.; BONFANTE, P.; BARKER, D. G. Arbuscular mycorrhizal fungi elicit a novel intracellular apparatus in *Medicago truncatula* root epidermal cells before infection. **Plant Cell** v. 17, p. 3489–3499, 2005.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of British Mycology Society**, v.46, p.234-244, 1963.
- GIBSON, F.; DEACON, J. W. Establishment of ectomycorrhizas in aseptic culture: effects of glucose, nitrogen and phosphorus in relation to successions. **Mycological Research**, Cambridge, v. 94, n. 2, p. 166-172, 1990.
- GIOVANETTI, N.; SBRANA, C. Meeting a non-host: the behaviour of AM fungi. **Mycorrhiza**, v. 8, p. 123–130, 1998.
- GIOVANETTI, N.; SBRANA, C.; LOGI, C. Early processes involved in host recognition by arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 127, p. 703-709, 1994.
- GIOVANETTI, M.; SBRANA, C.; AVIO, L.; CITERNESI, A.; LOGI, C. Differential hyphal morphogenesis in arbuscular mycorrhizal fungi during pre-infection stages. **New Phytologist**, v. 125, p. 587–593, 1993.
- GIOVANETTI, N.; HEPPER, C. M. Vesicular-mycorrhizal infection in *Hedysarum coronarium* and *Onobrychis viciaefolia*: host-endophyte specificity. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.17, n.6, p.899-900, 1985.
- GIOVANETTI, N.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular infection in roots. **The New Phytologist**, London, v.84, n.4, p.489-500, abr.1980.
- GLASSOP, D.; SMITH, S. E.; SMITH, F. W. Cereal phosphate transporters associated with the mycorrhizal pathway of phosphate uptake into roots. **Planta**, v. 222, p. 688–698, 2005.
- GLAZEBROOK, J. Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v. 43, p. 205–227, 2005.
- GLOWA, K. R.; AROCENA, J. M.; MASSICOTTE, H. B. Extraction of potassium and/or magnesium from selected soil minerals by Piloderma. **Geomicrobiology Journal**, v.20, p.99-111, 2003.

- GOGALA, N. Growth substances in root exudate of *Pinus sylvestris* - their influence on mycorrhizal fungi. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 28, n. 1-4, p. 151-154, 1989.
- GOVINDARAJULU, M.; PFEFFER, P. E.; JIN, H.; ABUBAKER, J.; DOUDS, D. D.; ALLEN, J. W.; BUCHING, H.; LAMMERS, P. J.; SHACHAR-HILL Y. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Nature**, v. 435, p. 819-823, 2005.
- GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A. A safer procedure for routine staining of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, Cambridge, v. 5, n. 10, p. 1160-1162, 1991.
- GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M.; CARVALHO, D. Efeito de Zn, Cd e Cu no comportamento de fungos ectomicorrízicos em meio de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 831-837, 2001.
- GUERRERO, E.; RIVILLAS, C.; RIVERA, E. L. Perspectivas de manejo de la micorriza arbusculares en ecosistemas tropicales. In: GUERRERO, E. **Micorrizas, recurso biológico del suelo**. Bogotá: Fondo Fen Colombia, 1996. p.181-206.
- GUZMAN-PLAZOLA, R. A.; FERRERA-CERRATO, R. La endomicorriza vesículo-arbuscular en las leguminosas. Montecillo: Colegio de Postgraduados, p. 122, 1990.
- HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. **Mycorrhizal symbiosis**. Academic Press., London. 483 p. 1983.
- HARRISON, M. J. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annual Review of Microbiology** v. 59, p. 19-42, 2005.
- HARRISON, M. J.; DEWBRE, G. R.; LIU, J. A phosphate transporter from *Medicago truncatula* involved in the acquisition of phosphate released by arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant Cell**, v. 14, p. 2413-2429, 2002.
- HARRISON, M. J.; VAN BUUREN, M. L. A phosphate transporter from the mycorrhizal fungus *Glomus versiforme*. **Nature**, v. 378, p. 626-629, 1995.
- HAYMAN, D. S. The Physiology of VA endomycorrhizal symbiosis. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 61, p. 944-963, 1983.
- HAUSE, B.; FESTER, T. Molecular and cell biology of arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Planta**, v. 221, p. 184-196, 2005.
- HIBBETT, D. S.; GILBERT, L. B.; DONOGHUE, M. J. Evolutionary instability of ectomycorrhizal symbioses in basidiomycetes. **Nature**, London, v. 407, n. 6803, p. 506-598, 2000.
- HILBERT, J. L.; COSTA, G.; MARTIN, F. Ectomycorrhizin synthesis and polypeptide changes during early stage of eucalypt mycorrhiza development. **Plant Physiology**, Rockville, v. 97, n. 3, p. 977-984, 1991.
- HUNGRIA, M.; BOHRER, T.R.J. Variability of nodulation and dinitrogen fixation capacity among soybean cultivars. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.45-52, 2000.
- JACOBS, P. F.; PETERSON, R. L.; MASSICOTE, H. B. Altered fungal morphogenesis during early stages of ectomycorrhiza formation in *Eucalyptus pilularis*. **Scanning Microscopy**, Chicago, v. 3, n. 1, p. 249-255, 1989.
- JAKOBSEN, I.; ROSENDAHL, L. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. **The New Phytologist**, v.115, p.77-83, 1990.

- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v.48, p.692, 1964.
- JIN, H.; PFEFFER, P. E.; DOUDS, D. D.; PIOTROWSKI, E.; LAMMERS, P. J.; SHACHAR-HILL, Y. The uptake, metabolism, transport and transfer of nitrogen in an arbuscular mycorrhizal symbiosis. **New Phytology**, v. 168, p. 687–696, 2005.
- KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **The New Phytologist**, v.113, n. 3, p. 365-386, 1991.
- KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research**, Cambridge, v. 92, n. 4, p. 486-488, 1989.
- KOSKE, R. Multiple germination by spores of *Gigaspora gigantea*. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 76, p. 328–330, 1981.
- KOSUTA, S.; CHABAUD, M.; LOUGNON, G.; GOUCH, C.; DENARIE, J.; BARKER, D.G.; BECARD, G. A diffusible factor from arbuscular mycorrhizal fungi induces symbiosis-specific MtENOD11 expression in roots of *Medicago truncatula*. **Plant Physiology**, v. 131, p. 952–962, 2003.
- LAMBAIS, M. R.; RIOS-RUIZ, W. F.; ANDRADE, R. M. Antioxidant responses in bean (*Phaseolus vulgaris*) roots colonized by arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v.160, p.421-428, 2003.
- LAMBAIS, M. R.; MEHDY, M. C. Spatial distribution of chitinases and β -1,3-glucanase transcripts in bean arbuscular mycorrhizal roots under low and high soil phosphate conditions. **New Phytologist**, v.140, p.33-42, 1998.
- LAMBAIS, M. R.; MEHDY, M. C. Soybean roots infected by *Glomus intraradices* strains differing in infectivity exhibit differential chitinase and β -1,3-glucanase expression. **New Phytologist**, v.134, p.531-538, 1996.
- LAMBAIS, M. R.; MEHDY, M. C. Differential expression of defense-related genes in arbuscular mycorrhiza. **Canadian Journal of Botany**, v.73, p.S533-S540, 1995.
- LAMBAIS, M. R.; MEHDY, M. C. Suppression of endochitinase, β -1,3-endoglucanase, and chalcone isomerase expression in bean vesicular-arbuscular mycorrhizal roots under different soil phosphate conditions. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v.6, p.75-83, 1993.
- LAMBAIS, M. R.; CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, p. 249-255, 1988.
- LAST, F. T.; DIGHTON, J.; MASON, P. A. Successions of sheathing mycorrhizal fungi. **Trends in Ecology and Evolution**, Oxford, v. 2, n. 6, p. 157-161, 1987.
- LAST, F. T.; MASON, P. A.; WILSON, J. Controlled inoculation of sitka spruce with sheathing (ecto-) mycorrhizal fungi: a commercial experience in 1982. **Scottish Forestry, Edinburgh**, v. 38, n. 2, p. 75-77, 1984.
- LAURIOLA, V.; BARBOSA I. R.; NASCIMENTO FILHO, H. R. Nota preliminar sobre impactos das plantações de *Acacia mangium* Wild. sobre terras e populações indígenas de Roraima. Instituto de Pesquisas da Amazônia – INPA/ Roraima, 2002.
- LINDERMAN, R. G. Role of VAM fungi on biocontrol. In: PFLEGER, F. L.; LINDERMAN, R. G. **Mycorrhizae and plant health**. St. Paul:APS Press, p.1-25, 1994.

- LOHSE, S.; SCHLIEMANN, W.; AMMER, C.; KOPKA, J.; STRACK, D.; FESTER, T. Organization and metabolism of plastids and mitochondria in arbuscular mycorrhizal roots of *Medicago truncatula*. **Plant Physiology**, v.139, p.329-340, 2005.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: Madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2003. 368 p.
- MALDONADO-MENDOZA, I. E.; DEWBRE, G. R.; HARRISON, M. J. A phosphate transporter gene from the extra-radical mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* is regulated in response to phosphate in the environment. **Molecular Plant–Microbe Interactions**, v. 14, p. 1140–1148, 2001.
- MARTIN, F. Developmental cross talking in ectomycorrhizal symbiosis: signals and communication genes. **New Phytologist**, New York, v. 151, n. 1, p. 145-154, 2001.
- MARTINS, C. R.; MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida seti folia* Kunth em áreas degradadas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 665-674, 1999.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. New York : Academic, 1995. 889 p.
- MASON, P. A. Ecology of some fungi associated with an ageing stand of birches (*Betula pendula* and *B. pubescens*). **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 4, n.1, p. 19-39, 1982.
- MATOS, R. M. B.; SILVA, E. M. R.; LIMA, E. **Fungos micorrízicos e nutrição de plantas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, dez. 1999 36p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 98).
- McGONIGLE, T. P.; FITTER, A. H. Ecological specificity of vesicular arbuscular mycorrhizal associations. **Mycological Research**, New York, v.94, n.1, p.120-122, jan.1990.
- McGONIGLE, T. P.; MILLER, M. H.; EVANS, D. G.; FAIRCHILD, G. L.; SWAN, J. A. A. New method which gives an objective measure of colonization of root by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, Oxford, v. 115, p. 495-501, 1990.
- MELLO, A. H.; ANTONIOLLI, Z. I.; KAMINSKI, J.; SOUZA, E. L.; OLIVEIRAS, V. L. Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 293-301, 2006.
- MENGE, J. A.; DAVIS, R. M.; JOHNSON, E. L. V.; ZENTMYER, G. A. Mycorrhizal fungi increase growth and reduce transplant injury in avocado. **California Agriculture**, Berkeley, v. 32, n. 4, p. 6-7, Apr. 1978.
- MERGULHÃO, A. C. E. S.; SILVA, M. L. R. B.; BURITY, H. A.; STAMFORD, N. P. Influencia da dupla inoculação rizóbio e fungos micorrizas-arbusculares em plantas de Sabiá sob solos de diferentes texturas. **Revista Ecosistema**, v. 26, n.1, jan-jul. 2001.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.de A.; AMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo. **Ecosistemas Tropicais & Subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.1-8.
- MOLINA, R.; MASSICOTTE, H. B.; TRAPPE, J. M. Specificity phenom in mycorrhizal simbioses: community-ecological consequences and practical implications. In: **Mycorrhizal Functioning**. Eds: ALLEN, M. F. e HALL, C., London, UK: Chapman & Hall, 1992. 357-423 p.

- MOLINA, R.; TRAPPE, J. M. Mycorrhiza management in bareroot nurseries. In: DURYEY, M.L.; LANDIS, T.D. (Ed.). **Forestry nursery manual: production of bareroot seedlings**. Lancaster: Martinus Jijhoff, 1984. p. 211-213.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002. 625 p.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhizal. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 11, p. 171-196, 1973.
- MOSSE, B. The regular germination of resting spores and some observations on the growth requirements of an *Endogone* sp. Causing vesicular-arbuscular mycorrhiza. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 42, p. 273–286, 1959.
- MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H. K.; BAGYARAJ, D. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, p. 77-85, 1997.
- MÜNZENBERGER, B.; HAMMER, E.; WRAY, V.; SCHAUER, F.; SCHMIDT, J.; STRACK, D. Detoxification of ferulic acid by ectomycorrhizal fungi. **Mycorrhiza**, New York, v. 13, n. 2, p.117-121, 2003.
- NAGY, R.; KARANDASHOV, V.; CHAGUE, V.; KALINKEVICH, K.; TAMASLOUKHT, M.; XU G.; JAKOBSEN, I.; LEVY, A.A.; AMRHEIN, N.; BUCHER, M. The characterization of novel mycorrhiza-specific phosphate transporters from *Lycopersicon esculentum* and *Solanum tuberosum* uncovers functional redundancy in symbiotic phosphate transport in solanaceous species. **Plant Journal**, v. 42, p. 236–250, 2005.
- NAGAHASHI, G.; DOUDS, D. D. Rapid and sensitive bioassay to study signals between root exudates and arbuscular mycorrhizal fungi. **Biotechnology Techniques**, v.13, p.893-897, 1999.
- NAGAHASHI, G.; DOUDS, D.D. Partial separation of root exudate components and their effects upon the growth of germinated spores of AM fungi. **Mycological Research**, v.104, p.1453-1464, 2000.
- NAIR, M. G.; SAFIR, G. R.; SIQUEIRA, J. O. Isolation and identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza-stimulatory compounds from clover (*Trifolium repens*) roots. **Applied and Environmental Microbiology**, v.57, p.434-439, 1991.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. *Firewood crops : shrub and tree species for energy production*. National Academy of Sciences, Washington, DC. p. 236, 1980.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Mangium and other fastgrowing acacias for the humid tropics**. National Academy of Sciences National Research Council, Washington, DC. p. 211, 1983.
- NEHLS, U; BEGUIRISTAIN T.; DITENGOU F.; LAPEYRIE F.; MARTIN F. The expression of a symbiosis-regulated gene in eucalypt roots is regulated by auxins and hypaphorine, the tryptophan betaine of the ectomycorrhizal basidiomycete *Pisolithus tinctorius*. **Planta**, New York, v. 207, n. 2, p. 296-302, 1998.
- NEMEC, B.; MENGE, J. A.; PLATT, R. G.; JOHNSON, E. L. V. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribution and ecology. **Mycologia**, New York, v. 73, p. 113-127, 1981.
- NEWSHAM, K. K.; FITTER, A. H.; WATKINSON, A. R. Multifunctionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizae. **Trends in Ecology & Evolution**, v.10, n.10, p.407-411, 1995.

- NOFFS, P. S. Áreas degradadas. *In*: NOFFS, P. S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de áreas degradadas da mata atlântica**. 2ed. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2000. 48 p.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.
- OHTOMO, R.; SAITO, M. Polyphosphate dynamics in mycorrhizal roots during colonization of an arbuscular mycorrhizal fungus. **New Phytology**, v. 167, p. 571–578, 2005.
- OLIVEIRA, L.P. **Produção de inoculante, seleção e aplicação de fungos ectomicorrízicos em mudas de *Pinus Taeda***. 2004. 84 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- PASZKOWSKI, U.; JAKOVLEVA, L.; BOLLER, T. Maize mutants affected at distinct stages of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **The Plant Journal**, v. 47, n. 2, p. 165–173, 2006.
- PASZKOWSKI, U.; KROKEN, S.; ROUX, C.; BRIGGS, S. P. Rice phosphate transporters include an evolutionarily divergent gene specifically activated in arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Proceedings of the National Academy of Sciences, USA**, v. 99, p. 13324–13329, 2002.
- PASCOVSKY, R. S.; PAUL, E. A.; BETHLENTALVAY, G. J. Response of mycorrhizal and P-fertilized soybeans to nodulation by *Bradyrhizobium* or ammonium nitrate. **Crop Science**, Madison, v.26, n. 1, p. 145-150, 1986.
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Soil microbiology and biochemistry. Califórnia: **Academic Press**, 1997, 340 p.
- PERRY, D. L.; MOLINA, R.; AMARANTHUS, M. P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. **Canadian Journal of Forestry Research**, v. 17, p. 929-940, 1987.
- PETERSON, R. L.; BONFANTE, P. Comparative structure of vesicular- arbuscular mycorrhizas and ectomycorrhizas. **Plant and Soil**, v. 159, p. 79-88, 1994.
- PIROZYNSKI, K. A.; MALLOCH, W. The origin of land plants: a matter of mycotrophism. **BioSystems**, Clare, v. 6, n. 3, p. 153-164, 1975.
- RAUSCH, C.; DARAM, P.; BRUNNER, S.; JANSÁ, J.; LALOI, M.; LEGGEWIE, G.; AMRHEIN, N.; BUCHER, M. A phosphate transporter expressed in arbusculecontaining cells in potato. **Nature**, v. 414, p. 462–470, 2001.
- REDDELL, P.; WARREN, R. Inoculation of acacias with mycorrhizal fungi: potential benefits. *In*: TURMBULL, J. W. (ed) Australian acacias in developing countries. Proceedings of an International Workshop at the Forestry Training Center, Gympie, Australia 1986. ACIAR, Canberra, p. 50-53, 1986.
- REDECKER, D.; KODNER, R.; GRAHAM, L. E. Glomalean fungi from the Ordovician. **Science**, Washington, v. 289, n. 5486, p. 1920-1921, 2000.
- ROCHA, F.S. **Leguminosas Arbóreas em Áreas Degradadas da Mata Atlântica: Estudo do Espaçamento, Consórcio e Resposta as Micorrizas Arbusculares**. 2004. 89p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ. 2004.
- ROSAS, J. C.; BLISS, F. A. Host-plant traits associated with estimates of nodulation and nitrogen fixation in common bean. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 287-289, 1986.

- SAGGIN JUNIOR, O. J.; SILVA, E.M.R. Micorriza Arbuscular – Papel, Funcionamento e Aplicação da Simbiose. AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L.(Eds) **Processos biológicos no sistema solo-planta**. Embrapa Agrobiologia – Brasília, DF. Embrapa informação tecnológica, 2005.
- SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 221-228, maio/ago. 1995.
- SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares em cafeeiro. *In*: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Ufla, 1996. p. 203-254.
- SALZER, P.; HÜBNER, B.; SIRRENBERG, A.; HAGER, A. Differential effect of purified spruce chitinases and β -1,3-glucanases on the activity of elicitors from ectomycorrhizal fungi. **Plant Physiology**, Maryland, v.114, n. 3, p. 957-968, 1997.
- SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 280-406, 1981.
- SANDERS, I. R. Temporal infectivity and specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizas in co-existing grassland species. **Oecologia**, New York, v. 93, n. 3, p. 349-355, march 1993.
- SANDERS, I. R.; FITTER, A. H. The ecology and functioning of vesicular arbuscular mycorrhizal in co-existing grassland species. 1. Seasonal patterns of mycorrhizal occurrence and morphology. **New Phytologist**, Cambridge, v. 120, n. 4, p. 517-524, april.1992.
- SAWYER, N. A.; CHAMBERS, S. M.; CAIRNEY, J. W. G. Utilisation of inorganic and organic phosphorus sources by isolates of *Amanita muscaria* and *Amanita* species native to temperate eastern Australia. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 151-158, 2003.
- SCHACHTMAN, D.P.; REID, R.J.; AYLING, S.M. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. **Plant Physiology**, v. 116, p. 447-453, 1998.
- SCHÜBER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, v. 105, n. 12, p. 1413-1421, 2001.
- SCHWOB, I.; DUCHER, M.; SALLANON, H.; COUDRET, A. Growth and gas exchange responses of *Hevea brasiliensis* seedlings to inoculation with *Glomus mosseae*. **Trees**, v.12, p. 236-240, 1998.
- SENA, J. O. A. de. **Caracterização bioquímica da depressão de crescimento de porta-enxertos cítricos inoculados com fungos micorrízicos arbusculares em doses altas de fósforo**. 1998. 111p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, SP.
- SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhizal. Management in Tropical Agrosystems**, 1992, p.371.
- SILVA, R. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA, R. Efeito da inoculação com fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden em solo arenoso. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 33-42, 2003.
- SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. *In*: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas, SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. cap. 19, 360p.

- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI FILHO, A.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Efeitos da infecção de plântulas de cafeeiro com quantidades crescentes de esporos do fungo endomicorrízico *Gigaspora margarita*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 6, p. 875-883, jun. 1994.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas Arbusculares. *In*: ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. (Eds). **Microrganismos de importância agrícola**. EMBRAPA: SPI, p. 151-194, 1994.
- SIQUEIRA, J. O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos de relação fungo-planta e absorção de fósforo. *In*: Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 4, Mendes, 1991. **Programas e resumos...** Mendes: EMBRAPA – CNPDS/UFRRJ. 1991.p.105-131.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Lavras: FAEPE, 1988. p. 125-166.
- SIQUEIRA, J. O.; MAHMUD, A. W., HUBBEL, D. H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares em relação à acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 10-16, 1986.
- SMITH S. E.; READ D. J. Mycorrhizal symbiosis. San Diego: Academic Press. SMITH S.E., SMITH F.A., JAKOBSEN, I. 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. **Plant Physiology**, v. 133, p. 16–20, 1997.
- SMITH, S. E.; SMITH, F. A. Structure and function of the interfaces in biotrophic symbioses as they relate to nutrient transport. **The New Phytologist**, v. 114, p. 1-38, 1990.
- SMITH, S. E. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. **Biological Reviews**, v. 55, p. 475-510, 1980.
- SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; AZEVEDO, R. L.; MENDES, L. N.; GRAZZIOTTI, P. H. Produção de mudas de ipê roxo inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. **Magistra**, Cruz das Almas - BA, v. 15, n. 2, jul./dez., 2003.
- SOLAIMAN, M. Z.; EZAWA, T.; KOJIMA, T.; SAITO, M. Polyphosphates in intraradical and extraradical hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*. **Applied Environmental Microbiology**, v. 65, p. 5604–5606, 1999.
- SOUZA, F. A. de. **Banco Ativo de Glomales da Embrapa Agrobiologia: Catalogação e Introdução de novos isolados desde 1995**. Seropédica: Embrapa *Agrobiologia*, dez. 2000. 40p. (Embrapa *Agrobiologia*. Documentos, 123).
- SOUZA, R. G.; MAIA, L. C.; SALES, M. F.; TRUFEM, S. F. B. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas de caatinga, na Região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 1, p. 49-60, março 2003.
- STATSOFT, Statistica for Windows release 4.5 - INC, Cluster Analyzes, Joining (Tree Clustering). 1-Pearson r. Single Linkage. 1993.
- ST. JOHN, T. V.; COLEMAN, D. C.; REID, C. P. P. Association of vesiculararbuscular mycorrhizal hyphae with soil organic particles. **Ecology**, v. 64, p. 957-959, 1983.
- SYLVIA, D. M. Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *In*: NORRIS, J. R.; READ, D. J.; VARMA, A. K. (Eds) **Methods in microbiology**: techniques for the study of mycorrhiza. New York: Academic Press, 1992. p.53-66.
- TAGU, D.; LAPEYRIE, F.; MARTIN, F. The ectomycorrhizal symbiosis: genetics and development. **Plant and Soil**, v. 244, p. 97-105, 2002.

- TAM, P. C. F.; GRIFFITHS, D. A. Mycorrhizal associations in Hong Kong Fagaceae IV. The mobilization of organic and poorly soluble phosphates by the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. **Mycorrhiza**, v. 2, p. 133-139, 1993.
- TRAPPE, J. M.; SCHENCK, N. C. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonales). *In*: SCHENCK, N. C. ed. **Methods and Principles of Micorrhizal Research**. St. Paul: The American Phytopathological Society, 1982. p. 1-9.
- THOMSON, B. D.; ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K. Effects of phosphorus on the formation of mycorrhizas by *Gigaspora calospora* and *Glomus fasciculatum* in relation to root carbohydrates. **New Phytologist**, v. 103, p. 751-765, 1986.
- TUMBULL, J. W. (ed.). Multipurpose Australian trees and shrubs: lesser-known species for fuelwood and agroforestry. ACIAR Monograph, n. 1, p. 316, 1986.
- VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; KLIRONOMOS, J. N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I.R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and plant productivity. **Nature**, v. 396, p. 69-72, 1998.
- VIEIRA, R. F.; PERES, J. R. Seleção de fungos ectomicorrízicos eficientes para *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 12, p. 231-135, 1988.
- ZANGARO FILHO, W. **Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas nativas da Bacia do Rio Tibagi (PR) e suas relações com os grupos sucessionais**. 1997. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- WEIDMANN, S.; SANCHEZ, L.; DESCOMBIN, J.; CHATAGNIER, O.; GIANINAZZI, S.; GIANINAZZI-PEARSON. V. Fungal elicitation of signal transduction-related plant genes precedes mycorrhiza establishment and requires the *dmi3* gene in *Medicago truncatula*. **Molecular Plant – Microbe Interactions**, v. 17, p. 1385–1393, 2004.
- WEISS, M.; MIKOLAJEWAKI S.; PEIPP, H.; SCHMITT U.; SCHMIDT, D.; WRAY, V.; STRACK, T. Tissue-specific and development-dependent accumulation of phenylpropanoids in larch mycorrhizas. **Plant Physiology**, Rockville, v. 114, n. 1, p. 15-27, 1997.
- WILCOX, H. E. Mycorrhizal Associations. *In*: NAKAS, J. P.; HAGEDORN, C. (Eds). **Biotechnology of Plant-Microbe Interactions**. New York, McGraw-Hill, 1990. p. 227-255.
- WINCKLER CALDEIRA, M. V.; SILVA, E. M.; FRANCO, A. A.; ZANON, M. L. B. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 1-10, 1997.
- WONG, K. K. Y.; FORTIN, J. A. Root colonization and intraspecific mycobiont variation in ectomycorrhiza. **Symbiosis**, Balaban, v. 8, n. 3, p. 197-231, 1990.