



**COMPATIBILIDADE SIMBIÓTICA DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES COM MUDAS
DE ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS**

ENRIQUE POUYU ROJAS

2002



54963

MFN046950

ENRIQUE POUYÚ ROJAS

**COMPATIBILIDADE SIMBIÓTICA DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES COM MUDAS DE ESPÉCIES
ARBÓREAS TROPICAIS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso de Doutorado em
Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição
de Plantas, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. José Oswal

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRA
2002

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pouyú Rojas, Enrique

**Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com mudas de
espécies arbóreas tropicais / Enrique Pouyú Rojas. -- Lavras : UFLA, 2002.**

90 p.: il.

Orientador: José Oswaldo Siqueira.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

**1. Colonização micorrízica. 2. Fungo de raiz. 3. Glomales. 4. Nutrição vegetal.
5. Microbiologia do solo. 6. Fisiologia vegetal. 7. Crescimento. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.**

CDD-589.2

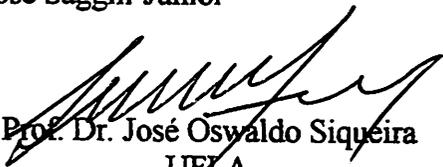
-634.964

ENRIQUE POUYÚ ROJAS

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 27 de novembro de 2002

Prof. Dr. Sebastião Rosado Carlos da Silva	UFLA
Prof ^a . Dra. Angela Maria Soares	UFLA
Prof ^a . Dra. Janice Guedes de Carvalho	UFLA
Dr. Orivaldo José Saggin-Júnior	Embrapa


Prof. Dr. José Oswaldo Siqueira
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

**A meu pai Enrique Pouyú Mustelier
Aos meus avós Miguel Angel Rojas Madrigal
e Elvigia Mustelier**

“in memoriam”

OFEREÇO

**À minha mãe Maria,
Esposa Sônia e Filho Stefan**

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- A DEUS acima de tudo;
- À Universidade Federal de Lavras e a seus professores que propiciaram minha formação acadêmica;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos;
- Ao professor José Oswaldo Siqueira pela oportunidade, orientação, disponibilidade, ensinamentos, valiosas sugestões e críticas;
- Aos membros da banca, pela contribuição a este estudo;
- Ao Dr. Ricardo Herrera e colegas do Instituto de Ecologia e Sistemática do Ministério de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Cuba;
- À professora Fátima Maria de Souza Moreira pelo apoio e cooperação;
- A Sérgio Wagner de Oliveira pelo estímulo e amizade;
- Ao Laboratório de Sementes Florestais do DCF da UFLA, pelo fornecimento de sementes;
- Aos meus pais Enrique (*in memorian*) e Tata, pelo incentivo e compreensão em cada momento;
- Aos meus avós Miguel Angel Rojas Madrigal, Elvigia Mustelier e tia Margot Pouyú Mustelier (*in memorian*) pelo carinho e paciência;
- A minha irmã Tania Pouyú, meus sobrinhos Ady Castro e Margarita Castro, meu tio Miguel Rojas Rúbio pelo estímulo;
- A minha esposa Sônia Aparecida, e a meu filho Stefan Ribeiro, por criar esperança nos momentos difíceis;
- A Maurício Cândido dos Santos, Maria de Lourdes Santos, Ana Daniela dos Santos e Adenice Caroline dos Santos pelo apoio em cada momento;
- A Perico e família pela ajuda oferecida a cada instante;
- A Eduardo Rodríguez e família pelo apoio,

- Aos bolsitas de Iniciação Científica: José Geraldo Donizetti dos Santos; Vivyanne Graça de Melo; Carolina Cardoso Lisboa, André de Lima Suares e Augusto César Nascimento pelo apoio e cooperação;
- Ao laboratorista Manoel Aparecido da Silva e ao funcionário da FAEPE José Roberto Fernandes (Pezão), pela sua colaboração;
- Aos amigos e colegas do Laboratório de Microbiologia do Solo: Marco A. Carneiro, Eliane Guimarães, Waldo W. Flores-Aylas, Rafaela S. A. Nobrega, Adriana S. Lima, Alexandre Barberi, Cláudio R. Fonseca; Isabel Trannin, Adão Lacerda, Alexandre Matsuda, Divino Miguel, Juciane Motta, Juliano dos Santos, Cláudia Milene, Sérgio Gualberto e aqueles que apoiaram e foram companheiros.
- Aos professores e funcionários do Departamento de Ciência do Solo que contribuíram à realização deste estudo;
- À professora Angela Maria Soares e alunos Rupert Barros de Freitas e João Paulo do Departamento de Biologia/Setor de Fisiologia Vegetal pela cooperação nas avaliações de trocas gasosas;
- Ao pesquisador da Embrapa Orivaldo José Saggin-Junior pela cooperação e amizade;
- A Anamaria Alvarenga Pereira pelo apoio e amizade;
- A Pedro José Barbosa, Davidson Marcos Batista, Frank Pereira Fagundes, Júlio Cezar Costa Elias, Keles Cristina Gonçalves, Laura Maria Campos Rodrigues, Luis Flávio Cipriano Bastos, Reginaldo Barbosa Fernandes, Rodrigo Ribeiro Arnold, Ronaldo Carvalho Guimarães do Centro Técnico e Treinamento Ltda. (CTTA) pela amizade;
- Eduardo Cicarelli, Eliâny de Carvalho Faria Cicarelli e Maria Inácia Alves do ICBEU pelo seu apoio e confiança;
- A Heliana de Souza Viana, Edson Viana, Adriana de Souza Viana, Rodrigo de Souza Viana, Ronaldo de Souza Viana pelo carinho e estímulo em cada momento;

- A João Carlos Amelino, Gilmar Victor de Carvalho, Rodrigo César da Silva e Mário Pierangelli pela dedicação e empenho na impressão final do manuscrito e também pela amizade;
- Aos oficiais e soldados do 8º Batalhão de Polícia Militar de Minas Gerais pela cooperação e amizade.

Muito obrigado por tudo!!!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS.....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Regeneração das florestas tropicais.....	5
2.2 Micorrizas em espécies silvestres.....	7
2.3 Micorrizas arbusculares no contexto ecológico.....	17
2.4 FMAs em programas de revegetação.....	20
2.5 Compatibilidade funcional em MAs.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Procedência e preparo do solo utilizado como substrato	28
3.2 Obtenção das mudas	30
3.3 Tratamentos.....	32
3.4 Coleta de dados e análise estatísticas.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Colonização micorrízica	37
4.2 Produção de matéria seca.....	39
4.3 Nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas	51
4.4 Trocas gasosas e uso da água	56
4.5 Considerações finais	67
5 CONCLUSÕES.....	69
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71
7 ANEXOS.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS

ac	açoita-cavalo
em	embaúba
ar	aroerinha
bp	bico de pato
cc	cássia carnaval
fe	fedegoso
gr	gravitinga
ip	ipê amarelo
ma	maricá
mo	moreira
mu	mutamba
pf	paú ferro
sa	sabiá
ta	tamboril
tr	trema
ce	cedro
<i>S. pellucida</i>	<i>Scutellospora pellucida</i>
<i>A. scrobiculata</i>	<i>Acaulospora scrobiculata</i>
<i>E. colombiana</i>	<i>Entrophospora colombiana</i>
<i>G. gigantea</i>	<i>Gigaspora gigantea</i>
<i>G. margarita</i>	<i>Gigaspora margarita</i>
<i>Gl. etunicatum</i>	<i>Glomus etunicatum</i>
<i>S. gregaria</i>	<i>Scutellopsora gregaria</i>
E. agrossistema	Populações nativas do agrossistema
<i>Gl. clarum</i>	<i>Glomus clarum</i>
E. floresta	Populações nativas da floresta

RESUMO

POUYÚ-ROJAS, Enrique. **Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com mudas de espécies arbóreas tropicais.** Lavras: UFLA, 2002. 90p. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

A revegetação com espécies arbóreas é uma estratégia adequada, quando se pretende a reabilitação de terras degradadas. No presente estudo foram desenvolvidos diversos experimentos em casa de vegetação na Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais – Brasil, durante o período de 1999 e 2000 com o objetivo de avaliar aspectos da relação fungos micorrízicos arbusculares e espécies arbóreas tropicais. Os isolados fúngicos estudados foram: *Scutellospora pellucida*, *Acaulospora scrobiculata*, *Entrophospora colombiana*, *Gigaspora gigantea*, *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora gregaria*, *Glomus clarum* and isolados oriundos de agrossistemas e de mata, os quais foram inoculados em *Luehea grandiflora* (açoita-cavalo), *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Schinus terebinthifolius* (aroerinha), *Machaerium nycitans* (bico de pato), *Senna macranthera* (fedegoso), *Senna spectabilis* (cássia carnaval), *Solanum granuloso-leprosum* (gravitinga), *Caesalpinia ferrea* (pau ferro), *Tabebuia serratifolia* (ipê amarelo), *Machura tinctoria* (moreira), *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Acacia polyphylla* (maricá), *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Trema micrantha* (trema) e *Cedrela fissilis* (cedro). Os experimentos foram conduzidos em vasos com 3 kg de um Latossolo vermelho distrófico típico, fumigado, que recebeu P (KH_2PO_4) suficiente para atingir $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de P na solução do solo. As plantas apresentaram reduzida seletividade aos fungos. Todas foram colonizadas por *S. pellucida*, *E. colombiana*, *G. margarita*, *S. gregária*, *Gl. clarum* e por aqueles do agrossistema. *A. scrobiculata* e *S. gregaria* foram os fungos mais segregados. *Gl. clarum*, *E. colombiana*, *S. pellucida* e *Gl. etunicatum* foram os fungos que apresentaram maior amplitude de eficiência simbiótica, beneficiando-se mais de 75% dos hospedeiros estudados. A cavalo e embaúba foram as espécies mais promiscuas beneficiando-se por quase todos os fungos. Os teores de P e N em a. cavalo, embaúba e moreira, não aumentaram com a inoculação, enquanto nas demais espécies esses efeitos foram variados. Alguns fungos estimularam a fotossíntese em a. cavalo, embaúba, c. carnaval e sabiá com menor abertura estomática, indicando eficiência da utilização do CO_2 e da água nestas combinações. Por serem generalistas em relação ao hospedeiro, *Gl. clarum*, *E. colombiana*, *S. pellucida* e *Gl. etunicatum* são mais apropriados para introduzir em áreas de reflorestamento.

Orientador: José Oswaldo Siqueira – DCS - UFLA

ABSTRACT

POUYÚ-ROJAS, Enrique. **The symbiotic compatibility of the arbuscular mycorrhizal fungi with the seedlings of tropical tree species.** Lavras: UFLA, 2002. 90p. (Doctoral Thesis in Soils and Plant Nutrition).

Reforestation is an appropriate strategy for the rehabilitation of degraded lands. This study consists of various greenhouse experiments conducted during 1999 to 2000 at the Federal University of Lavras in Minas Gerais, Brazil, with objective to evaluate some aspects of the host-fungus relationships involving the following fungi: *Scutellospora pellucida*, *Acaulospora scrobiculata*, *Entrophospora colombiana*, *Gigaspora gigantea*, *Gigaspora margarita*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora gregaria*, *Glomus clarum* and isolated fungi from agrosystems and forest. The latter fungi were inoculated in: *Luehea grandiflora* (açoita-cavalo), *Cecropia pachystachya* (embaúba), *Schinus terebinthifolius* (aroeirinha), *Machaerium nyctitans* (bico de pato), *Senna macranthera* (fedegoso), *Senna spectabilis* (cássia carnaval), *Solanum granuloso-leprosum* (gravitinga), *Caesalpinia fêrrea* (pau ferro), *Tabebuia serratifolia* (ipê amarelo), *Machura tinctoria* (moreira), *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Acacia polyphylla* (maricá), *Mimosa caesalpiniaefolia* (sabiá), *Enterolobium contortisiliquum* (tamboril), *Trema micrantha* (trema) e *Cedrela fissilis* (cedro). The experiments were conducted in plastic pots with 3 kg of a fumigated low-fertility Oxisol that received sufficient amounts of P (KH_2PO_4) to attain 0.02 mg L⁻¹ of P in the soil solution. Most studied host presented high compatibility towards microsymbionts. *S. pellucida*, *E. colombiana*, *G. margarita*, *S. gregaria*, *Gl. clarum* and those from the agrosystem exhibited compatibility with most of the hosts, whereas *A. scrobiculata* and *S. gregaria* were more restricted. *Gl. clarum*, *E. colombiana*, *S. pellucida* and *Gl. etunicatum* presented a broad symbiotic fitness, benefitting more than 75% of the host plants. A. cavalo and embaúba were the most promiscuous species, benefitting from almost all of the fungi. The concentration of P and N in a. cavalo, embaúba and moreira were not affected by inoculation, while in other species such effects were quite inconsistent. Several of the fungi enhanced photosynthesis in a. cavalo, embaúba, c. carnaval and sabiá with low stomatic aperture, therefore indicating an efficient use of CO₂ and water in those plants. Considering that they have a broad symbiotic host range *Gl. clarum*, *E. colombiana*, *S. pellucida* and *Gl. etunicatum* are the most appropriate species for land-rehabilitation and reforestation in the tropics.

Advisor: José Oswaldo Siqueira-DCS-UFLA

1 INTRODUÇÃO

Os microrganismos que formam simbioses radiculares, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), desempenham uma função ecológica importante, nos diferentes estágios sucessionais de regeneração da floresta a qual está muito relacionada às diferentes habilidades competitivas das comunidades vegetais que ali se desenvolvem (Herrera et al., 1997; Janos, 1996; Siqueira et al., 1994; Fischer et al., 1994; Bethenfalvay, 1991; Perry et al., 1989; Allen & Allen, 1980). Tanto estruturalmente quanto fisiologicamente as micorrizas são um modelo relação mutualista, com biotrofismo bilateral, entre organismos bem diferentes (Gianinazzi-Pearson & Azcón-Aguilar, 1984). Este aspecto deve ser considerado dentro de um complexo contexto de especialidade e especificidade das relações fungo-planta. Assume-se que estas relações são especializadas, pois são controladas geneticamente, necessitando de melhor compreensão do ponto de vista biológico e ecológico. A especificidade refere-se à possibilidade de uma espécie taxonômica de fungo formar ou não micorriza com mais de uma espécie de planta (faixa de hospedeiro) ou vice-versa, se uma dada espécie de planta formar micorriza com várias espécies de fungos (Smith & Read, 1997). Na verdade, diante da ampla diversidade das espécies vegetais micotróficas, poucas combinações fungo-planta têm sido estudada, mas não há qualquer evidência de especificidade para a formação de micorrizas arbusculares (MAs). Portanto, a ausência de especificidade tem sido estabelecida como princípio, por falta de evidências. Assim, um fungo isolado de uma espécie é capaz de colonizar qualquer outro genótipo vegetal susceptível à micorrização.

Baseando-se na idéia da existência de diversos mecanismos de defesa induzidos pela planta em relação à invasão do fungo, como estabelecido nas respostas da planta a patógenos (Dixon & Harrison, 1990; Dixon & Lamb, 1990), mecanismos de defesa à penetração não ocorrem nas micorrizas ou ocorrem de modo muito atenuado (Lambais, 1996). A expressão de resistência da planta à penetração do fungo simbiote praticamente não ocorre, mas diferentes combinações fungo-planta exibem diferentes graus de colonização sugerindo a existência de alguma preferência entre os parceiros (Sanders, 1993; Sander & Fitter, 1992; McGonigle & Fitter, 1990; Dhillion, 1992a; Dhillion, 1992b; Giovannetti & Hepper, 1985).

* Também espécies ou isolados de FMA diferem em seus efeitos sobre a planta ou em funções específicas como a absorção de nutrientes (Ravnskov & Jakobsen, 1995; Rogers et al., 1994), estes efeitos também diferem para cada espécie vegetal (Sanders et al., 1996). Por exemplo, certas espécies de FMA podem apresentar maior eficiência do que outras no que se refere ao aumento do crescimento da planta em solos deficientes em P (Miller et al., 1994). Embora ainda pouco entendido, Abbott & Robson (1982), consideram que a capacidade de formação de hifas, colonização, absorção de P e o mecanismo de transporte dos nutrientes absorvidos são os principais fatores envolvidos na eficiência simbiótica dos FMAs.

* Apesar da falta de evidência para especificidade taxonômica, existem diferenças de resposta simbiótica do hospedeiro, aos diversos isolados de FMA (Alexander et al., 1992; Giovanetti & Hepper, 1985; Furlan et al., 1983; Kormanik et al., 1981). Isto sugere a existência de certa "especificidade funcional". Este tipo de especificidade está relacionada ao balanço entre benefícios e custos do fungo para o hospedeiro (Koide, 1991) o que, as vezes, é atribuído à 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 do desenvolvimento da planta, sendo esta modulada pela fisiologia e ecologia da planta mediante mecanismos próprios de convergência evolutiva entre os simbioses (St. John & Coleman, 1983; Nemeček et al., 1981). Uma micorriza funcional resulta de uma perfeita integração morfológica e fisiológica entre os parceiros, relações estas muito dependentes do solo e ambiente. De modo geral, diferenças existentes na relação fungo-planta, são reflexo das complexas interações cujas bases bioquímicas, genéticas e fisiológicas são ainda pouco conhecidas.

O funcionamento da relação trófica nas micorrizas é muito influenciado também pelo meio externo (solo e condições ambientais) como luminosidade e pH. Mas o funcionamento e os benefícios das MAs são influenciados pela disponibilidade de P no meio de crescimento como observado para várias espécies arbóreas tropicais (Siqueira & Saggini-Junior, 2001; Zangaro et al., 2000; Herrera et al., 1997). Por isso, para avaliar os aspectos da relação fungo-planta, é necessário trabalhar em níveis de P nos quais a colonização micorrízica e resposta da planta sejam máximos. Isto depende da exigência ou demanda de P da planta e da eficiência do fungo em absorver e transferir o P absorvido (Siqueira, 1994).

Nos últimos anos, considerável atenção tem sido dedicada ao reflorestamento com espécies nativas (Herrera et al., 1997; Ingleby et al., 1997) e em virtude desta demanda as pesquisas tem-se buscado pelo conhecimento das estratégias sucessionais e habilidade competitivas das diferentes espécies florestais. O sucesso da revegetação depende da capacidade das mudas em absorver nutrientes e água, resistir doenças e sobreviver aos estresses impostos pelo ambiente. Para isso, é necessário manter o vigor das mudas no início do seu desenvolvimento (Zangaro et al., 2000). Este benefício pode ser alcançado através

da inoculação com FMAs (Siqueira & Saggin-Junior, 2001; Munyanziza et al., 1997; Herrera et al., 1997) incrementando também a produtividade em consequência de uma absorção de nutrientes muito mais eficiente. Isto é importante em regiões tropicais caracterizadas por solos com deficiência de nutrientes, principalmente, N e P (Pouyú-Rojas & Siqueira, 2000; Siqueira et al., 1998).

O presente estudo teve como objetivo avaliar aspectos da relação FMAs-planta em espécies arbóreas do sudeste brasileiro no âmbito da colonização micorrízica e os efeitos desta sobre a planta hospedeira.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Regeneração das florestas tropicais

Na última metade do século XX, as pesquisas têm enfatizado o estudo da regeneração das florestas tropicais, e com o resultado destas os mecanismos sucessionais têm sido geralmente mais difundidos e considerados de vital importância para entender o funcionamento do ecossistema e saber como está sendo conservada a sua biodiversidade (Herrera et al., 1997). O próximo passo seria o estabelecimento de ecotecnologias apropriadas para a exploração racional e sustentável dos ecossistemas florestais, assim como viabilizar ações antrópicas para a recuperação daqueles degradados.

Para o melhor entendimento do funcionamento das florestas tropicais, diferentes métodos têm sido desenvolvidos para classificar as espécies arbóreas de acordo a sua estratégia funcional, sucessional e regenerativa, dividindo as espécies em vários grupos ecológicos, fundamentalmente, em “*Pioneiras*”, “*Secundárias*” e “*Climax*” (Budowski, 1965; Gómez-Pompa, 1971; Herrera et al., 1988; Whitmore, 1988). Os resultados demonstram que as diferentes habilidades competitivas destes grupos estão relacionadas, primariamente, às exigências de luz, água, disponibilidade de nutrientes das diferentes espécies. Porém, a revegetação de áreas degradadas deve ser feita com base nos modelos sucessionais, ou seja, metodologias que se aproximem da sucessão natural, para o qual se propõe a utilização de espécies de ocorrência natural na região “nativas”, pois há necessidade de recuperar a forma original desta vegetação agredida, além de sua função. Em uma primeira etapa são implantadas as espécies pioneiras e

secundárias iniciais mais agressivas e de rápido crescimento, que propiciaram às condições necessárias ao posterior enriquecimento. Na segunda etapa, são introduzidas espécies arbóreas secundárias tardias e clímax para aumentar a biodiversidade local e reabilitar as áreas de preservação permanente para que cumpram seu papel de abrigar a flora silvestre, proteger o solo e recursos hídricos, assim como propiciar melhoria da paisagem.

Nos processos de revegetação podem ser usadas duas técnicas distintas: **restauração e reabilitação**. Segundo Viana (1990), o primeiro termo refere-se ao conjunto de tratamentos que visam recuperar a forma original do ecossistema, ou seja, a sua estrutura original, dinâmica e interações biológicas. Aqui justifica-se a exclusividade das espécies locais em casos específicos, onde é possível determiná-las com exatidão e o fator tempo não é limitado, ou então, pode ser compensado pelo fator disponibilidade de recursos técnicos e financeiros. Esses são os casos, por exemplo, da restauração de um patrimônio histórico-cultural-florestal e da restauração da diversidade biológica de espécies animais e vegetais e sua viabilidade genética, entre e dentro das populações de ocorrência local, em ecossistemas ameaçados de extinção. Por sua vez, reabilitação diz respeito a tratamentos que buscam a recuperação de uma ou mais funções do ecossistema, que podem ser basicamente econômicas e/ou ambiental. E segundo Willians, Bugin & Reis (1990), citado por Alegre (1984), como sinônimo de recuperação significa fazer com que a área retorne a um estado biológico apropriado, condicional ou auto-sustentável. Estes conceitos são de vital importância para definir a estratégia da recuperação, onde o nível de degradação e o custo pesam na escolha da técnica. A reabilitação do ecossistema é indicada para as áreas mais degradadas e através da rápida formação de uma cobertura florestal, o que permite auxiliar a restauração do ecossistema em longo prazo. A outra técnica, é

mais utilizada em situações contrárias. E, claro, onde se tenha maior disponibilidade de recursos financeiros.

Considera-se de elevada importância em programas de reflorestamento, o conhecimento da vegetação remanescente, assim como o estudo físico, químico e microbiológico do solo (Fox, 1984). Assim, o conhecimento da silvicultura das espécies, que sejam nativas ou não, é de fundamental importância no reflorestamento. É imprescindível o conhecimento dos requerimentos nutricionais e a escolha de espécies que se adaptem a ambientes de baixa fertilidade, como as que apresentam algum tipo de simbiose mutualista (Kageyama, Biella & Palermo Jr., 1990). Para a implementação dos resultados, há necessidade do uso de tecnologias avançadas que envolvem o uso de microrganismos, devido à sua enorme contribuição nos processos bioquímicos do solo, que ao mesmo tempo estão inseridos na recuperação das propriedades físicas e químicas destes solos.

2.2 Micorrizas em espécies silvestres

O funcionamento e estabilidade dos ecossistemas terrestres são determinados pela biodiversidade e composição de espécies. A intensificação das atividades antropogênicas tem acelerado a destruição destes ecossistemas e, conseqüentemente, a perda da biodiversidade no planeta, implicando não apenas na interrupção da integridade dos ciclos biológicos, como também, colocando em risco a própria sobrevivência humana (Siqueira et al., 1994). No entanto, os mecanismos ecológicos que regulam a biodiversidade de plantas e composição de espécies ainda não são bem conhecidos e precisam ser identificados para que com êxito se consiga conservar e/ou recuperar a diversidade natural dos ecossistemas (Setzer & Pereira, 1991). No Brasil, de igual maneira que no resto do mundo, a manutenção dos ecossistemas requer soluções diversas que tenham em vista a conservação da natureza e também o uso sustentável dos recursos naturais. Mas,

tanto conservar, quanto usar de forma sustentável os recursos naturais são tarefas difíceis, pois além de envolverem fatores sociais, econômicos e políticos, exigem a geração e difusão dos resultados científicos e técnicos.

A presença dos fungos micorrízicos como simbiote na natureza, é conhecida desde muitas décadas, no entanto, o reconhecimento do seu potencial benéfico tem sido relativamente recente (Siqueira & Klauberg-Filho, 2000). A importância da micorriza está bem documentada na vasta literatura disponível indicando seu grande potencial em programas de conservação ambiental, restauração e recomposição florística (Janos, 1988; Herrera et al., 1988; Siqueira e Franco, 1988; Gianinazzi-Pearson & Azcón-Aguilar, 1984). Elas contribuem para melhor nutrição e aumento da capacidade de adaptação às mais variadas condições ambientais de muitas espécies florestais (Siqueira et al., 1998; Siqueira & Saggin-Junior, 2001). Além destes estudos, outros, de considerável importância, têm sido realizados tentando relacionar a influência da micotrofia das espécies arbóreas nos ecossistemas de floresta tropical, pois sabe-se que a capacidade de sobrevivência e competição das espécies é alterada com a dependência micorrízica. Desta forma, esta simbiose tem enorme importância para a sustentabilidade de ecossistemas e particularmente para reflorestamento e a recuperação de sítios degradados.

Tomando-se como fonte a base de dados “Agrícola, CAB Index, Current e Biology & Environmental Science”, que compõem o sistema “Antares de informações”, no período de 1987-2000, foi constatado que existem publicados em periódicos nacionais e internacionais um total de 153 artigos, sobre estudos conduzidos envolvendo micorrizas em plantas silvestres. Um total de 940 espécies vegetais pertencentes a 550 gêneros e 130 famílias botânicas foram estudadas. O hábito mais comum observado foi de árvore/arbusto representado por 73% das espécies estudadas, as herbáceas representaram 23% e outros hábitos apenas 3%.

Em relação ao grupo ecológico, a maioria das espécies vegetais estudadas são pioneiras (58%), seguidas das secundárias (33%) e clímax (4%). Nestes estudos foram avaliadas 74 espécies de fungos micorrízicos arbusculares pertencentes aos 7 gêneros e 5 famílias da ordem Glomales, assim como, 173 espécies de fungos ectomicorrízicos correspondentes a 40 gêneros e 24 famílias. Considerando, também, o tipo de micorriza, existiu maior número de publicações sobre as “arbusculares” (78%) que sobre as “ecto” (21%). Verificou-se que a partir de 1991 existiu um aumento notável do número de publicações sobre o tema, sendo este aumento muito mais expressivo a partir de 1995. Entretanto, nos últimos anos, verificou-se uma tendência de redução no número de pesquisa sobre o tema (Figura 1). Esta flutuação no número de pesquisa sobre determinado tema também foi verificada por Klironomos e Kendrick (1993) que consideraram estudos na área de dinâmica de nutrientes. Estes foram muito comuns na década de 70 envolvendo as ectomicorrizas, mas declinaram a partir de então. O aumento no número de pesquisa sobre este tema voltou a ocorrer a partir de 1990, porém envolvendo as micorrizas arbusculares.

* Os danos causados pelo homem ao ambiente têm influenciado novos campos de pesquisa, depois da Segunda guerra mundial (Safir, 1987), quando surgiu a chamada revolução verde. Na atualidade existe o incentivo ao financiamento de importantes e novos projetos internacionais que abordem desde outro prisma os problemas ambientais, inclusive o uso de microrganismos como indicadores da qualidade do ambiente, assim como a utilização destes na reestruturação e recuperação de áreas degradadas por diversos fenômenos.

A revista *Mycorrhiza* aparece com 43% dos artigos publicados, com enorme superioridade sobre os periódicos *Biology & Fertility of Soils* e *Forest Ecology and Management* que dividem a segunda colocação com 4% dos artigos publicados. Grande parte dos artigos encontrados (22%) consistem de publicação

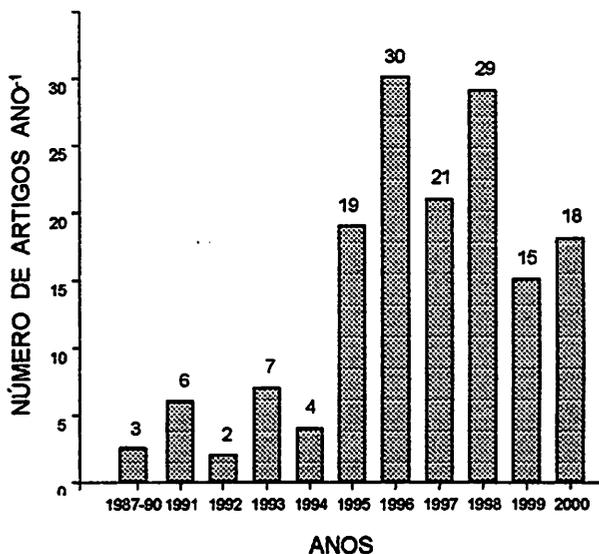


Figura 1. Número de artigos sobre micorrizas em plantas silvestres por ano, no período de 1987-2000, conforme base de dados do Sistema Antares de Informações (CD-Room).

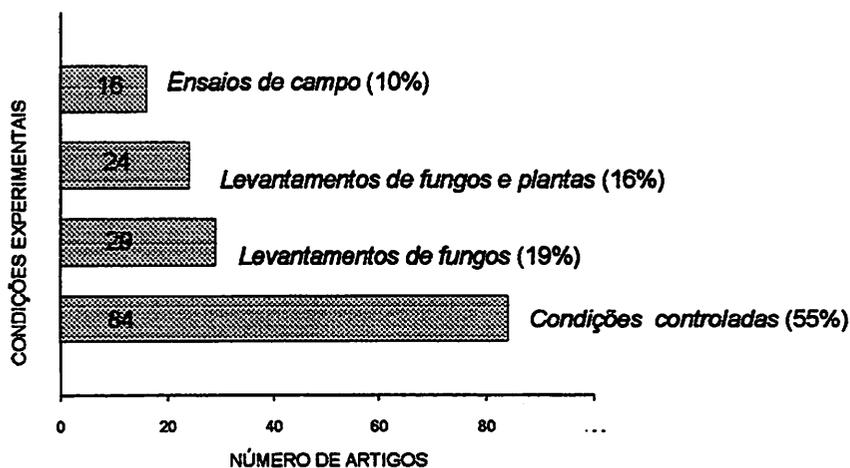


Figura 2. Quantidade de pesquisas sobre micorrizas em plantas silvestres por condições experimentais, conforme base de dados do Sistema Antares de Informações (CD-Room).

única sobre o assunto no periódico consultado durante o período levantado. As condições experimentais dos estudos são apresentadas na figura 2, com predominância de ensaios em condições controladas (55%). Ensaios em condições de campo correspondem a apenas 10% dos artigos publicados. Faltava considerável das pesquisas de micorrizas envolvendo plantas silvestres são os levantamentos de espécie, tanto aqueles feitos apenas para levantar as espécies fúngicas (19%) quanto aqueles que levantam as espécies de plantas e fungos (16%).

A maior parte dos trabalhos, tem centralizado esforços para estudar os aspectos de ecologia e biodiversidade assim como, os nutricionais e fisiológicos destas simbioses (46%) e (44%), respectivamente, e apenas 7% tem focado a área de bioquímica e biologia molecular sendo escassos os trabalhos em outras áreas (Figura 3). Em relação aos resultados verificados nos estudos, a ecologia e biodiversidade, assim como, o favorecimento nutricional e crescimento das plantas foi o mais comum independente da área de estudo. Os relatos de ocorrência relativa de espécies vem em segundo plano. Ao contrário, o aumento de fitoquímicos não foi verificado em nenhuma das pesquisas levantadas. Embora não ter sido relatado a quantidade de pesquisas para cada resultado, chama a atenção que nos estudos sobre ecologia e biodiversidade os resultados obtidos foram majoritários.

Do total de 153 trabalhos desenvolvidos, 55 corresponderam a estudos desenvolvidos em ecossistemas naturais. A maioria destes (72%) levados a cabo em regiões tropicais e a minoria (28%) em regiões temperadas. Verificou-se trabalhos em 7 biomas (Ártico, Alpino, Estepe, Duna costeira, Floresta, Savana e Deserto). Três deles exclusivos às regiões temperadas, 2 às tropicais e 2 comum a ambas regiões. O ecossistema mais estudado foi o de floresta, tanto nas regiões temperadas, quanto nas regiões tropicais, sendo destacado o número de trabalho

sobre este ecossistema nas regiões tropicais representando 56% dos trabalhos desenvolvidos em ecossistemas naturais.

A grande maioria dos trabalhos foi desenvolvida em ecossistemas úmidos (42%) e oligotróficos (89%), não sendo verificado nenhum destes em regime úmido e solo eutrófico. As pesquisas nas regiões tropicais são concentradas nos solos oligotróficos, independente do regime hídrico. Já nas regiões temperadas, são distribuídas mais homogêneas entre os regimes hídricos, a exceção das áreas úmidas com solos ricos onde não foi verificada nenhuma pesquisa. Buscando-se relações entre os diversos fungos e grupos ecológicos ao qual pertencem as espécies vegetais, verificou-se que havia maior número de espécies de fungos entre as plantas pioneiras (65%), seguidas das secundárias (25%) e clímax (10%). Outro aspecto interessante neste contexto é que o gênero *Glomus*, pertencente à Ordem Glomales, apresentou resultados semelhantes entre diferentes grupos ecológicos.

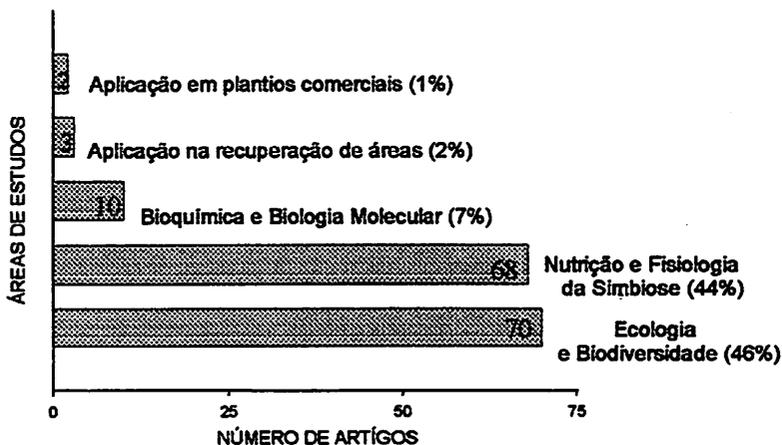


Figura 3. Número de trabalhos sobre micorrizas em plantas silvestres divididos por área de estudo dentro do período de 1987-2000, conforme base de dados do Sistema Antares de Informações (CD-Room).

Com base a todo o anteriormente exposto, considerando-se, portanto, que neste período se reflete uma pequena produção científica envolvendo plantas silvestres, quando se compara ao total de artigos existentes sobre micorrizas, que conforme pesquisado por Klironomos & Kendrick em 1993 no “MICOLIT database” já totalizavam quase 12000 referências. Considerando a tendência de crescimento no número de trabalhos a partir de 1993, este total deve ser bem superior atualmente. Somente fazendo uma busca com a palavra "Mycorrhiz*" na base de dados "CAB abstract" (CD-Room) dentro do período de 1990-2002 levanta-se mais de 19.000 referências. De modo geral, o número de trabalhos publicados sobre micorrizas cresceu nos últimos 25 anos, o que dá subsídios para predizer ou especular o futuro das pesquisas em micorrizas (Smith, 2001).

Segundo Kironomos & Kendrick (1993), até a metade do século XX as pesquisas em micorrizas, fundamentalmente as arbusculares, estavam concentradas em estudos de ocorrência em diversas famílias e espécies botânicas de interesse agrícola e em vários locais. Na segunda metade do século, as pesquisas eram caracterizadas pelos ensaios sobre a influência das micorrizas no crescimento e nutrição de espécies vegetais de interesse econômico, principalmente as de interesse agrícola (Siqueira & Klauberg-Filho, 2000). Este fato tem sido atribuído à necessidade de considerar as diferenças nutricionais e de crescimento existentes entre plantas micorrizadas e não micorrizadas (Dodd, 2001). Na última década do século, o interesse sobre ecologia aumentaram o número de pesquisas sobre micorrizas em espécies silvestres, como verificado neste estudo, não só na área de biodiversidade, mas também na nutrição e fisiologia da simbiose nestas plantas, assim como, na bioquímica e biologia molecular do fungo associado a elas, embora menos acentuado nesta última área. O fato de apenas 3% das pesquisas levantadas serem sobre aplicação em campo destes fungos em plantas silvestres, demonstra o estado embrionário das

pesquisas de enfoque aplicado e o pouco avanço real que tem sido alcançado em relação ao uso desta simbiose. Particularmente, as micorrizas arbusculares têm sua utilização limitada às plantas que passam pela fase de formação de mudas, mas que no caso de espécies arbóreas silvestres, representam um importante segmento da aplicação destes fungos no reflorestamento e recuperação de áreas degradada. Por outro lado, evidencia-se que estudos sobre micorrizas em espécies silvestres, embora sempre presentes, estão no auge e são concentrados na avaliação da ocorrência dos fungos e da simbiose em diferentes ecossistemas e hospedeiros. Entretanto, temos uma pequena diversidade de autores sobre este assunto. Provavelmente, a falta de pessoal treinado para a difícil identificação taxonômica dos fungos, particularmente dos fungos micorrízicos arbusculares (Siqueira & Klauberg, 2000), tem comprometido o número de pesquisas sobre biodiversidade e dificultado o avanço da pesquisa em outros tópicos estratégicos para a micorrizologia de ecossistemas naturais.

Estudos em ecossistemas naturais representaram apenas 39% dos trabalhos levantados, sendo na sua grande maioria inventários de espécies de plantas e fungos. No caso particular do Brasil, onde se localiza 30% dos mais ricos, diversificados e desconhecidos ecossistemas do mundo (World Resource Institute, 1990), a importância da simbiose micorrízica para os ecossistemas é praticamente desconhecida sendo encontrados apenas trabalhos isolados sobre a biodiversidade de Glomales dentro de ecossistemas de importância, como Dunas (Stürmer & Bellei, 1994), Cerrados (Spain & Miranda, 1996a, b; Siqueira et al. 1989; Schenck et al., 1989) e Mata Atlântica (Trufem, 1990), entre outros. Este tipo de trabalho, embora seja a maioria entre os desenvolvidos em ecossistemas naturais, ainda são considerados serem em número insuficiente e o reduzido número de pessoas treinadas na identificação taxonômica dos fungos micorrízicos

impedem o desenvolvimento de pesquisas que estudem os aspectos funcionais da simbiose em ambientes naturais.

No período (1987-2000) pesquisado, verificou-se alta frequência em número de estudos destas sobre a simbioses nas áreas tropicais quando comparadas às regiões temperadas. Isto indica a maior importância e o enorme potencial dos estudos da simbiose micorrízica em ecossistemas tropicais. Isto, provavelmente, se deve ao fato de nos trópicos a fertilidade do solo ser baixa e limitada pela disponibilidade do P, o que favorece a formação de micorrizas, sendo estas, muitas vezes, essenciais para a manutenção da diversidade e funcionamento dos ecossistemas (Janos, 1996; Siqueira et al., 1998). Os trabalhos levantados são direcionados, principalmente, para a busca de soluções para áreas que apresentam limitações hídricas e nutricionais. Isto foi constatado verificando as características dos ecossistemas mais estudados a respeito do regime hídrico e tipo de solo. O fato de não ter sido verificado estudos em ambientes úmidos e eutróficos pode indicar o não direcionamento das pesquisas para estes ambientes, onde se espera menor resposta da planta ao fungo, ou pode indicar também que ecossistemas com estas características sejam menos comuns na natureza.

Os FMAs apresentam alta diversidade, aspecto este que tem um papel importante na plasticidade ecológica desses organismos. Todo o qual, leva a pensar, que isto influenciou de maneira fundamental, na diversificação desses fungos durante a co-evolução com as plantas. A análise da distribuição de algumas espécies de FMAs mostrou que elas podem ser consideradas pandêmicas. Essas incluem algumas espécies que possuem caracteres fenotípicos e bioquímicos avançados e primitivos, tal como verificado para *Glomus occultum* e *Glomus intraradices* que têm sido encontrados em todos os continentes, exceto na região Antártica, ocorrendo em diversas regiões tropicais e temperadas e em

climas áridos e mesicos. Outras espécies como *Glomus clarum*, *Acaulospora scrobiculata* e *Scutellospora calospora* são de ocorrência generalizada. Embora algumas espécies pareçam ter uma distribuição mais restrita, não há evidência de endemismo nos FMA: Algumas espécies parecem se endêmicas de região ou país. Isto parece resultar do fato que foram citadas na literatura apenas quando foram descritas pela primeira vez, como acontece com *Acaulospora paulineae* e *Glomus citricola*. O modo de dispersão dos FMAs tem sido pouco estudado, porém há, evidências que os ventos em ambientes áridos e os roedores e pássaros em florestas tropicais sejam importantes agentes de dispersão dos esporos. Padrões biogeográficos não têm sido identificados concretamente para espécies, gêneros ou famílias de FMA, embora para algumas hipóteses possam ser encontrados eventualmente na literatura. Os estudos de levantamento das espécies de FMA em diferentes ecossistemas fornecem os dados necessários para detectar tais padrões, quando acompanhados de uma descrição completa do ambiente como: ecossistema comunidade, planta hospedeira, fatores edáficos, localidade, estado, país, entre outras. Além disso, o uso de culturas armadilhas (trap cultures) deve ser incorporado nos estudos de ocorrência de FMA, visto que a ausência de esporulação de uma espécie não indica a ausência do fungo naquele ecossistema. A ocorrência e distribuição das espécies têm sido explicadas principalmente como resultado dos processos ecológicos contemporâneos (hospedeiro, temperatura, fatores do solo) atuando sobre a comunidade vegetal ou fúngica. Processos históricos como dispersão e especiação têm sido ignorado como determinantes da ocorrência das espécies em nível ou local regional.

Entre os fungos micorrizicos arbusculares, o total de espécies do gênero *Glomus* citadas nos trabalhos foi semelhantes em plantas pertencentes aos grupos ecológicos pioneira, secundária e clímax, ao contrário do que ocorreu com os demais gêneros que apresentaram maior diversidade de espécies citadas em

plantas pioneiras. Isto também foi constatado por Zangaro et al. (2000) quando levantaram o número de espécies do gênero *Glomus* presentes em áreas em início de sucessão e áreas no interior da floresta, apesar destas áreas serem muito diferentes do ponto de vista fisionômico. Está bem evidente que muitos ecossistemas naturais apresentam, na sua diversidade de Glomales, espécies do gênero *Glomus*. No entanto, existe um grande volume de trabalhos que considera apenas este gênero, aspecto este criticado por Smith (2001).

2.3 Micorrizas arbusculares no contexto ecológico

✂ Os estudos de biodiversidade têm dado maior ênfase aos macrorganismos e pouca consideração tem sido dada aos microrganismos, apesar destes serem importantes do ponto de vista ecológico. A decomposição é controlada pela atividade microbiana e constitui um processo tão fundamental, como a produção primária para o funcionamento do ecossistema (Zak et al., 1994). Ecologicamente tem-se demonstrado que os microrganismos que formam simbiose radiculares como os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), realizam uma função importante nos diferentes estágios sucessionais de regeneração da floresta, a qual está muito relacionada às diferentes habilidades competitivas das comunidades vegetais que ali se desenvolvem (Siqueira et al., 1994; Fischer et al. 1994; Bethenfalvay & Newton, 1991).

Embora os FMAs sejam de ocorrência generalizada nos trópicos (Jasper, 1994; Janos, 1988), as informações e esforços para entender seus benefícios para o funcionamento e estabilidade dos ecossistemas naturais ou modificados pelo homem, assim como a real importância quanto a essencialidade da simbiose na ecologia das comunidades de plantas mais complexas e diversificadas que compõem os ecossistemas tropicais, são localizadas e restritas a poucos ambientes tropicais.

Janos (1980, 1985, 1988) demonstrou, através de vários estudos, que as micorrizas arbusculares influenciam na sucessão vegetal, apontando que o grau de micotrofia aumenta desde as pioneiras, geralmente, não micotrófica a micotrófica facultativa, até as espécies clímax que dominam o ecossistema, as quais são micotróficas obrigatórias e muito dependentes da simbiose, sendo o primeiro grupo referente às espécies que preparam as condições nutritivas do solo para dar entrada as espécies dos estágios seguintes.

Allen & Allen (1990) propuseram modificações à hipóteses de sucessão de Janos (1980), afirmando que, em zonas temperadas, espécies micotróficas têm sido encontradas como colonizadoras iniciais em condições de baixa disponibilidade de nutrientes. Porém, a proposta de um “*continuum*” na micotrofia dos FMAs ao longo da sucessão de espécies arbóreas tropicais (Siqueira et al; 1998; Fischer et al., 1994; Janos 1980; Herrera et al., 1997), não garante que as diferentes espécies arbóreas, pertencentes aos diferentes grupos sucessionais, apresentem comportamento semelhante na relação FMAs e sucessão em outros ambientes tropicais. Siqueira e Saggin-Junior (2001); Zangalo et al. (2000) inocularam FMA em espécies arbóreas tropicais pertencentes a diferentes grupos sucessionais, nativas do sudeste do Brasil. Os resultados apresentados por estes autores mostraram grandes diferenças na colonização micorrízica e no crescimento das diferentes espécies. As pioneiras exibiram alta colonização e resposta micorrízica, resultados contrários às espécies pertencentes aos estágios tardios da sucessão, as quais exibiram reduzida colonização e resposta micorrízica. Os autores sugeriram que estes resultados que relacionam FMA e sucessão, contrários aqueles obtidos por Janos (1980) para as espécies arbóreas na Costa Rica, podem ser de origem evolutiva. As espécies pioneiras arbóreas dos trópicos teriam desenvolvido a capacidade para o estabelecimento do micotrofismo simbiótico com FMA. Os autores também sugeriram que o

postulado de Janos (1980), em que as espécies pioneiras são facultativas ou não micotróficas, pode estar correto para aquelas espécies que colonizam solos descobertos, mas não quando se refere à ecologia de plântulas de espécies arbóreas que apresentam rápido crescimento, colonizam as clareiras das florestas e são consideradas espécies pioneiras na sucessão vegetal. A previsão de Allen e Allen (1990) para a colonização inicial em floresta tropical também difere da previsão de Janos (1980). Os primeiros sugeriram que a sucessão inicial deve ser dominada por espécies arbóreas micotróficas facultativas, enquanto que o segundo sugeriu que a dominância deve ser por espécies não micotróficas. De maneira geral, os autores consideram que dependendo do bioma, o grau de micotrofia das plantas sofre mudanças com o avanço da sucessão. As plantas com menor dependência pelos fungos micorrízicos geralmente serão mais abundantes a sucessão inicial e as mais dependentes serão mais frequentes nos estágios finais da sucessão.

Espécies arbóreas de estágios sucessionais diferentes apresentam diferentes respostas ecofisiológicas e características das folhas. Por exemplo, espécies pioneiras apresentam com frequência elevadas taxas de intercâmbio gasoso, menos inibição da fotossíntese por abertura dos estômatos e menos xerofismo ou esclerofilia que aquelas pertencentes aos estágios sucessionais mais avançados (Abrams & Mostoller, 1995). Porém, plantas arbóreas pioneiras e secundárias iniciais, caracterizadas por elevada capacidade fotossintética são capazes de multiplicar os FMAs em grandes quantidades, deixando um excesso no solo para os seus descendentes se instalar a medida que são produzidos, como também para as espécies que formam parte das próximas fases da sucessão (secundárias, tardias e clímax) embora estas se caracterizem por apresentar baixa micotrofia (Zangalo et al., 2000; Siqueira & Saggin-Junior, 2001; Siqueira et al., 1998; Herrera et al., 1997).

2.4 FMAs em programas de revegetação

✖ As MAs constituem o componente principal dos órgãos de absorção de nutrientes da maioria das plantas terrestres e por isso, devem ser consideradas como uma parte integrante do ecossistema vegetal. O principal e mais consistente efeito das MAs no crescimento vegetal é o de absorção de P, no entanto, sua relevância na aquisição de outros nutrientes, a melhora das relações hídricas, proteção contra patógenos, incremento da resistência das plantas a diversos tipos de estresses etc., devem ser também considerados) Em áreas onde a sucessão natural não pode se estabelecer e avançar, em função da distância das fontes de propágulos, o plantio sustentável de árvores nativas ou exóticas apropriadas pode ser uma alternativa promissória (Pouyú-Rojas & Siqueira, 1999; Caneiro et al., 1996; Siqueira et al., 1998). O sucesso da revegetação depende da capacidade da plântula em capturar recursos no início do seu desenvolvimento, obter continua fonte de nutrientes e apresentar o vigor necessário para resistir à doenças e sobreviver ao estresse climático (Perry et al., 1987). A sobrevivência das plântulas tem sido aumentada com a inoculação das plântulas, através do aumento da absorção de nutrientes e água, além de prolongar a vida da raiz e proteger a planta contra patógenos (Harley & Smith, 1984).

Três situações podem ser esperadas após a preparação da área para a revegetação (Perry et al., 1987). a) quando o potencial do inóculo não for reduzido, a vegetação terá sucesso; b) quando o potencial de inóculo for reduzido, a revegetação prossegue e a população de FMA será estabilizada; c) quando a revegetação falha e a ausência do hospedeiro reduz muito o potencial de inóculo e as dificuldades aumentam com o tempo. As diferenças no potencial do inóculo entre os diferentes tipos de vegetação, que influenciam no estabelecimento, crescimento e competição entre as espécies de plantas, podem ter importantes implicações para a restauração de áreas. Nas áreas onde o potencial do inóculo

for baixo, a revegetação pode ser facilitada pela inoculação das plântulas com espécies efetiva de FMAs (Janos, 1980), ou com mais de uma espécie (Perry et al., 1987), antes do transplante. De acordo com (Jasper, et al., 1992) adequado nível de infectividade dos FMA, em solos para serem revegetados após perturbações, deve ser importante para o sucesso do restabelecimento de um ecossistema diverso e auto-sustentável. Nas áreas onde o potencial de inóculo for baixo, os FMAs não estarão completamente ausentes, e a utilização de plantas micotróficas facultativas pode ser realizada pelo transplante de mudas previamente inoculadas em viveiros. O plantio provavelmente deve ser acompanhado de tratamentos para aliviar os fatores inibitórios, além de semeadura direta e transplante de plantas “companheiras” não inoculadas, pode facilitar a difusão dos FMA (Janos, 1995). Jasper, et al., (1992) afirmaram que nos solos perturbados ocorre desigual distribuição de inóculos de FMA. A determinação desta distribuição é fundamental. O objetivo da revegetação é obter distribuição uniforme das diferentes espécies de plantas. A garantia de ótima diversidade de espécies na vegetação, naquelas áreas onde a infetividade for baixa ou ausente, é obtida pelo aumento da infetividade, através da manipulação do solo ou por inoculação.

2.5 Compatibilidade funcional em MAs

Tanto a nível estrutural como fisiológico as MAs podem ser consideradas um modelo de integração biotrófica bidirecional e mutualista entre dos simbiontes bem diferentes representando produtores e consumidores (Gianinazzi-Pearson & Azcón-Aguilar, 1984). Não existem evidências de mecanismos de defesa específicos nem de resistência controlada geneticamente na simbiose MAs, no entanto, como resposta metabólica da planta à colonização se detecta a produção de substâncias implicadas no desenvolvimento de mecanismos de resistência a

[REDACTED]

patógenos como são o incremento da atividade da quitinase, produção de compostos fenólicos entre outro (García-Garrido & Ocampo, 2002; Copper, 1984).

Apesar que, a compatibilidade é usualmente determinada mediante a capacidade do fungo em infestar ao hospedeiro, este pode ou não mostrar um benefício ao hospedeiro, o que seria compatibilidade funcional. Isto tem sido demonstrado em *Glomus invermaium* associado com pepino, linho e trigo (Ravnskov & Jakobsen, 1995). As três espécies são compatíveis com o *Gl. invermaium*, mas o fungo aumenta a absorção de P apenas quando associado com linho (Ravnskov & Jakobsen, 1995). Segundo Francis & Read (1994) em comunidades de plantas, as populações de FMAs, com baixa especificidade pelo hospedeiro, estão envolvidas no processo de colonização das raízes, integrando espécies compatíveis dentro de uma grande rede de micélio prestabelecida. A vantagem para a planta de baixa especificidade pelo micobionte aumenta as chances de colonização por um fungo compatível, facilitando a potencialidade de capturar nutrientes fornecidos pelo micélio dos FMA. Como as plantas apresentam diferente susceptibilidade para formar micorrizas e se beneficiarem desta simbiose (Smith & Read, 1997), aspectos da compatibilidade e especificidade destas relações precisam ser estudados.

De acordo com Smith & Read (1997) a “especificidade taxonômica” refere-se à possibilidade de uma espécie de fungo em formar ou não micorriza com mais de uma espécie de planta ou vice-versa, conceito este ainda pouco abordado na micorrizologia, especialmente, nas espécies arbóreas nativas. *Um princípio estabelecido na literatura científica é a falta ou pouca especificidade nas relações fungo micorrízico arbuscular e planta hospedeira (Gianinazzi-Pearson, Gianinazzi & Trouvelot, 1985; Abbot & Robson, 1984), não existindo portanto, segundo estes autores, evidências claras da existência de especificidade

hospedeira em FMAs, o que os diferencia de outros microrganismos simbióticos como o rizóbio. Entretanto, existem consideráveis diferenças no nível de resposta simbiótica da planta aos diversos fungos devido a que estes diferem na sua capacidade colonizadora e na sua eficiência no transporte de nutrientes todo, o qual significa que diferentes combinações fungo-planta podem exibir acentuadas diferenças funcionais resultando em graus variados de especificidade simbiótica (Alexander et al., 1992; Giovannetti & Hepper, 1985). Quando o hospedeiro é inoculado, com uma mistura de isolados de FMAs, este pode ser colonizado preferentemente por um ou mais isolados, sugerindo preferência ou especificidade ecológica entre hospedeiro e endófito (McGonigle & Fitter, 1990). Schenck & Kinloch (1980) relataram que as plantas cultivadas podem exercer um efeito seletivo em determinar quais espécies de FMAs podem prevalecer em mistura com as populações indígenas e Hayman (1982) afirmou que a distribuição de FMAs em solos cultivados pode ser grandemente afetada pelas espécies de plantas que ali crescem. Não obstante, tais afirmações nos conduzem a indiretas evidências que alguma especificidade ecológica de ambos parceiros pode ocorrer no campo.

McGonigle & Fitter (1990) encontraram que a gramínea *Holcus lanatus* foi predominantemente infestada por *Glomus tenue*, porém, as raízes de outras três espécies herbáceas foram colonizadas principalmente por outro fungo micorrízico. Sander & Fitter (1992) fundamentaram que, as diferenças na produção de esporos indica que os FMAs respondem, de forma diferente, de acordo com o hospedeiro. Outras evidências de especificidade fungo-hospedeiro têm sido apresentada por Dhillon (1992a,b) em cultura de arroz, capim nativo, assim como Giovannetti & Hepper (1985) em leguminosas forrageiras. Não obstante, Sanders (1993) utilizando inóculo-raiz não obteve nenhuma evidência de especificidade micorrízica.

Todo o processo de formação e funcionamento das micorrizas é controlado por fatores ou características genéticas dos parceiros. De modo geral, estas diferenças são o reflexo de interações entre o fungo e a planta e que expressam determinados efeitos cujas bases ainda não estão bem esclarecidas e precisam ser estudados no contexto fisiológico e ecológico.

Como resultado da integração morfológica e estrutural dos simbiontes nas MAs e do peculiar modelo de biotrofismo bidirecional e mutualista entre o fungo e a planta, se desenvolvem uma série de interações onde os aspectos fisiológicos se conhecem relativamente bem em alguns casos, porém, em outros se dispõe apenas de informação fragmentada, já que a maior parte das pesquisas tem focalizado apenas as respostas da planta ao fungo sendo o aspecto fisiológico inferido a partir destes ensaios (Cooper, 1984). A contribuição do fungo à otimização fisiológica da planta, principalmente do ponto de vista nutricional, embora não exclusiva é crítica em diversos estágios do desenvolvimento vegetal. De tal modo, os processos fisiológicos que afetam o funcionamento integral da simbiose e a análise dos efeitos do fungo sobre a fisiologia da planta merece um estudo prioritário. Do outro lado, o micosimbionte, heterotrófico, satisfaz suas necessidades energéticas e sua demanda em compostos de carbono, através da transferência destes desde a planta.

É importante destacar que existem inúmeros estudos que objetivam avaliar os efeitos de fatores físicos do ambiente sobre as trocas gasosas e eficiência do uso da água, porém, dentre destes são escassos aqueles que visam dilucidar os mecanismos das micorrizas em tais processos fisiológicos (Powell & Bagyaraj, 1984). Os FMAs podem tolerar ampla faixa de regimes de umidade nos mais diversos habitats terrestres desde desertos até ambientes aquáticos. Em regiões áridas, o baixo nível de umidade reduz notavelmente a taxa de difusão de P, não obstante a micorrização das plantas pode melhorar a nutrição de P destas,

ainda quando a concentração deste nutriente for baixa (Cooper, 1984). Não é surpreendente o fato que as micorrizas influenciam a disponibilidade de água às plantas. Pesquisas pioneiras realizadas por Safir et al. (1971) demonstraram que plantas de soja micorrizadas apresentaram valores de condutibilidade hidráulica 70% superiores às plantas não micorrizadas, associando estes resultados a mudanças no sistema radicular das plantas micorrizadas. Para esclarecer os mecanismos envolvidos estes mesmos autores fertilizaram ambas as plantas e obtiveram que aquelas não micorrizadas incrementaram a condutibilidade hidráulica, no entanto, nas micorrizadas este parâmetro não variou, concluindo, portanto, que as micorrizas além de melhorar a nutrição das plantas, incrementam também a condutibilidade hidráulica.

Dentro deste contexto podemos ampliar dizendo que o movimento estomático é o principal mecanismo de controle das trocas gasosas em plantas superiores de habitat terrestre. Através dos estômatos ocorrem o influxo de CO_2 necessário ao processo fotossintético e ao crescimento, e perda de água por meio da transpiração (Hinckley & Braathe, 1994; Baldochi et al., 1987). De maneira geral, os estômatos da maioria das espécies respondem basicamente a um conjunto de fatores fisiológicos e do ambiente, que incluem o teor de água do solo, as concentrações internas e atmosférica de CO_2 , a temperatura e o déficit de pressão de vapor do ar, a radiação solar disponível e a taxa de fotossíntese líquida (Pereira, 1995; Sullivan et al., 1996).

De forma semelhante a fotossíntese, também responde a uma série de estímulos internos e externos (Ceulemans & Saugier, 1991). Experimentos realizados em condições controladas indicam que a taxa de fotossíntese líquida de uma determinada espécie é influenciada por diversos fatores fisiológicos e do ambiente, como a condutância estomática, a taxa de exportação de

fotoassimilados, temperatura, e o déficit de pressão de vapor de ar, o teor de água do solo, a disponibilidade de nutrientes e a concentração atmosférica de CO₂.

A taxa fotossintética é normalmente maior nas plantas micorrizadas (Gianinazzi-Pearson & Azcón-Aguilar, 1984). Isto, pode dever-se à melhora na nutrição fosfatada devido a que se sabe que a disponibilidade de fosfato inorgânico pode limitar a taxa fotossintética por este nutriente estar relacionado diretamente na regulação da fotossíntese, não obstante, recentes estudos onde se comparam plantas micorrizadas e não micorrizadas, com adição de P, verificam efeitos não nutritivos do fungo sobre a planta (Kian et al., 2002). No sentido de resumir se evidencia uma maior eficiência na utilização de P no processo fotossintético nas plantas micorrizadas, tem sido evidenciado que como consequência da colonização arbuscular, se induz na planta, a formação de compostos que influenciam a estrutura e/ou função dos cloroplastos, entre os quais poderiam estar implicados os fitohormônios. Kian et al. (2002) em estudo desenvolvido em plantações na Malásia, verificaram a existência de correlação de mudas micorrizadas *Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs e altas taxas fotossintéticas. Estes autores atribuem tais aumentos à melhora da absorção de nutrientes. Fay et al., (1996) pesquisaram o efeito da inoculação com *Glomus mosseae* no crescimento e fotossíntese de *Holdeum vulgare* utilizando para isto diversos níveis de P (50, 100, 200, 400 and 800 mg P kg⁻¹) e verificaram que poucas diferenças na biomassa e teores de P para tratamentos de micorrização, embora este último aumentou com a aplicação de P. Não foram verificadas diferenças de massa seca entre as plantas micorrizadas e não micorrizadas no nível de 50 mg P kg⁻¹, porém, plantas micorrizadas apresentaram altas taxas fotossintéticas e elevada eficiência de uso de P e N.

A rubisco é a enzima chave na produção de biomassa a partir de CO₂, e a mais abundante na biosfera, não ocorrendo em animais. Está localizada no

estroma do cloroplasto e representa até perto de 50% da proteína total do mesmo, algo próximo de 250 mg/mL (Lehninger et al., 1995). Alarcón et al. (1998) relataram que plantas micorrizadas, ao captar mais P tendem a produzir mais quantidade de enzima rubisco o que favorece uma captação mais eficiente de CO₂ atmosférico, porém, esta característica difere de espécie a espécie (De Jong, 1983). Caso contrário induz a efeitos negativos, devido à eficiência de P, provocando diminuição da fotossíntese líquida e sobre a atividade de algumas enzimas (Nátr, 1992). O que se traduz que a atividade da micorriza arbuscular sobre a captação de P pode contribuir diretamente por esta via sobre o processo fisiológico da fotossíntese.

*A efetividade da MAs na nutrição fosfórica das plantas depende de uma série de interações complexas. Podemos mencionar, a própria capacidade da planta para satisfazer sus requerimentos em P (dependência micorrizica), a capacidade do fungo para colonizar e proporcionar P à raiz (eficiência do fungo) e as quantidades relativas das diferentes formas de P presentes no substrato de crescimento da planta. Qualquer fator que afete os processos implicados nas interações entre estes componentes influenciará a magnitude do efeito das MAs no crescimento das plantas e assimilação de P.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo-DCS da Universidade Federal de Lavras-UFLA, constou de 16 experimentos individuais empregando-se metodologias seguidas em trabalhos já realizados neste laboratório (Siqueira & Saggin-Júnior, 2001; Siqueira et al., 1998).

3.1 Procedência e preparo do solo utilizado como substrato

Foi utilizado, um Latossolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 2000) coletado na camada superficial (0-20 cm) na localidade de Jaguará, área de cerrado do município de São João del Rei - MG, próxima à represa de Camargos, na região dos Campos das Vertentes em Minas Gerais. O mesmo foi seco ao ar e peneirado em malha de 2 mm, sendo tomadas amostras para análises química (Tabela 1). Devido à baixa saturação de bases (V), característica deste tipo de solo, o mesmo recebeu calagem para elevar V até 60% (Raij, 1991), mediante a aplicação de calcário dolomítico. Após, a calagem e incubação do solo, este foi fumigado, com a aplicação de 393 cm³ de Bromex (Brometo de metila 98% + Cloropicrina 2%) por m³ de solo, durante 48 horas, em caixa de alvenaria vedada, e depois deixado outras 48 horas livre ao ar para a exalação do excesso de gases conforme recomendações do fabricante.

Manjunath & Habte (1990) propuseram que as MAs têm máxima atividade entre 0,01 e 0,02 mg.L⁻¹ de P na solução do solo. De fato Siqueira & Saggin-Júnior (2001), verificaram em 28 espécies arbóreas representativas do

sudeste brasileiro, que na maioria dos casos a colonização e os benefícios das micorrizas foram máximos na concentração de 0,02 mg.L⁻¹ de P na solução do solo.

TABELA 1. Características químicas do solo coletado antes da aplicação do calcário e nutrientes

Características	Resultados	Método de análise
pH em água	5,5 -	Potenciometria
P	1,0 mg dm ³	Mehlich-I/Colorimetria
K	75,0 mg dm ³	Mehlich-I/Fotometria de chama
S	14,9 mg dm ³	Turbimetria
Ca	1,0 cmol _c dm ³	KCl 1,0 mol L ⁻¹ /Titulometria
Mg	0,6 cmol _c dm ³	KCl 1,0 mol L ⁻¹ /Titulometria
Al	0,0 cmol _c dm ³	KCl 1,0 mol L ⁻¹ /Titulometria
H+Al	4,0 cmol _c dm ³	CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹ (1:2,5) potenciometria
Zn	5,4 mg dm ³	DTPA/Espectrofotometria de absorção atômica
Cu	4,1 mg dm ³	DTPA/Espectrofotometria de absorção atômica
Fe	156,2 mg dm ³	DTPA/Espectrofotometria de absorção atômica
Mn	7,0 mg dm ³	DTPA/Espectrofotometria de absorção atômica
B	0,3 mg dm ³	Colorimétrico da curcumina
M. orgânica	3,7 dag kg ⁻¹	Oxidação com dicromato de potássio
V	32,2 %	-

Assim, após a fumigação, o nível de P do solo foi ajustado para 0,02 mg.L⁻¹ de P em solução conforme metodologia de Manjunath & Habte (1990) adaptado por Siqueira & Saggin-Júnior (2001). Para isto realizou-se um ensaio retirando, amostras de 1 kg de solo, após a calagem e fumigação, e incubando-as, com doses crescentes de superfosfato triplo (41% de P₂O₅). Após a incubação a umidade do solo foi elevada para 100% do volume total de poros (VTP), equilibrada por três dias e a solução do solo foi extraída por centrifugação a 2000 rpm, coletando-se o sobrenadante, e sua concentração de P determinada pelo método de Murphy & Riley (1962), utilizando-se espectrofotômetro ajustado em 840 nm e cubetas de 5 cm de comprimento. As

doses necessária de P para atingir a concentração de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de P em solução foi de 52 mg kg^{-1} de P, para o qual aplicou-se $0,3 \text{ g kg}^{-1}$ de superfosfato triplo que logo foi homogeneizado, individualmente em cada vaso.

3.2 Obtenção das mudas

As sementes das diferentes espécies arbóreas nativas (Tabela 2), foram coletadas em áreas da região de cerrado, selecionadas e armazenadas em câmara fria a temperatura de 5°C . O critério de escolha das 16 espécies arbóreas (Tabela 2) foi realizado com base à ocorrência notória em áreas da região, importância ecológica silvicultural, e ao interesse de utilização das mesmas em plantios com fins conservacionistas, conforme indicações de Lorenzi (1992) e Davide et al. (1995), assim como à disponibilidade de sementes. Para a obtenção das plântulas, quando necessário, as sementes foram submetidas a tratamentos de quebra de dormência (Tabela 2), conforme Davide et al. (1995). Após desinfestação superficial com hipoclorito de sódio 1% por 5 minutos, as mesmas, foram lavadas repetidas vezes com água destilada e por último colocadas a germinar em bandejas com capacidade 4L contendo areia, previamente peneirada e autoclavada e por último colocadas em germinadores com câmara úmida iluminada a temperatura e umidade constante de 25°C e 90%, respectivamente. Depois de germinadas, as plântulas foram selecionadas pela uniformidade de tamanho e repicadas para os vasos (1 plântula por vaso) com solo, com capacidade de 4 L, quando foram inoculadas com FMAs de acordo com os tratamentos (Tabela 3). Foi aplicado 1 mL vaso^{-1} de um filtrado preparado com a mistura de todos os inoculantes micorrízicos testados, visando padronizar a microbiota da rizosfera entre os tratamentos. Após um mês da repicagem, as plantas receberam adubação de cobertura, via solução nutritiva de Hoagland modificada (Hoagland & Arnon, 1950) para fornecer macro e

TABELA 2. Espécies arbóreas estudadas e respectivas características. Classificação ecológica, tratamentos pré-germinativos e período de condução dos experimentos.

Espécie (Nome Comum/Família)	Classificação Whitmore (1988)	Tratamento pré-germinativo	Período de condução (meses)
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. et Zucc (açoita cavalo - Tiliaceae)	Clímax	Não requer	10
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul (embaúba - Cecropiaceae)	Pioneira	Não requer	10
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (aroerinha - Anacardiaceae)	Pioneira	Não requer	9
<i>Machaerium nycitans</i> (Vell.) Benth. (bico de pato - Fabaceae)	Clímax	Não requer	9
<i>Senna macranthera</i> (Collard.) Irwin et Barneby (fedegoso - Caesalpinaceae)	Secundária inicial	Água a 80 °C*	10
<i>Senna spectabilis</i> (D.C.) Irwin et Barneby (cássia carnaval - Caesalpinaceae)	Secundária inicial	Escarificação com H ₂ SO ₄ *	9
<i>Solanum granuloso-leprosum</i> Dun. (gravitinga - Solanaceae)	Pioneira	Não requer	10
<i>Caesalpineia ferrea</i> Mart. ex Tul. var. <i>leiostachya</i> Benth. (pau-ferro - Caesalpinaceae)	Clímax	Escarificação com H ₂ SO ₄ *	9
<i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl) Nichols. (ipê amarelo - Bignonaceae)	Clímax	Não requer	10
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud. (moreira - Moraceae)	Clímax	Não requer	9
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (mutamba - Sterculiaceae)	Pioneira	Não requer	10
<i>Acacia polyphylla</i> DC. (maricá - Mimosaceae)	Clímax	Não requer	9
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i> Benth. (sabiá - Mimosaceae)	Pioneira	Escarificação com H ₂ SO ₄ *	9
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong (tamboril - Mimosaceae)	Clímax	Escarificação com H ₂ SO ₄ *	10
<i>Trema micrantha</i> (L.) Engler. (trema - Ulmaceae)	Pioneira	Escarificação com H ₂ SO ₄ *	9
<i>Cedrela fissilis</i> Vell. (cedro - Meliaceae)	Clímax	Não requer	9

*Conforme (Davide et al., 1995).

micronutrientes, exceto fósforo. Aplicou-se 10 mL por vaso da solução nutritiva em diluição (1/10). Esta adubação foi realizada a cada 15 dias até o final do experimento. Além da omissão do fornecimento do fósforo, via solução nutritiva para todas as espécies, foi excluído o nitrogênio apenas para as espécies nodulíferas, tamboril, bico de pato, maricá e sábia, as quais foram inoculadas também com as estirpes de rizóbio selecionadas (Br 4406, INPA 60A, Br 3617 e 3405, respectivamente) multiplicadas a partir da coleção do Laboratório de Microbiologia do DCS-UFLA. Todos os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação, por um período de 9-10 meses (Tabela 2), sendo o solo irrigado diariamente, de modo a manter a umidade entre 60 e 70% do volume total de poros (VTP).

O inoculante com misturas de esporos de espécies nativas foi obtido diretamente do solo original, ou seja, sem ser multiplicado em planta hospedeira. A mistura de espécies nativas coletadas em fragmentos de floresta estacional semidecídua montana (floresta tropical subcadúcifolia) (Oliveira-Filho et al., 1994) apresentaram os seguintes gêneros ou espécies: *Gigaspora margarita*, *Glomus* ssp., *Acaulospora* sp., e na mistura de espécies nativas coletadas em agrossistema de culturas anuais da UFLA, foram identificadas as espécies ou gêneros: *Paraglomus occultum*, *Acaulospora* ssp., *Glomus* ssp.

3.3 Tratamentos

O estudo constou de experimentos com 11 tratamentos fúngicos (Tabela 3) com seis repetições, dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Cada espécie vegetal foi testada separadamente totalizando 66 parcelas por espécie e uma planta por parcela. Cada experimento constou da avaliação de uma espécie vegetal conforme listado na tabela 2.

Levando em consideração a distribuição na região, estudos realizados com diversas espécies, assim como, a disponibilidade de inóculo na coleção do Laboratório de Microbiologia do DCS-UFLA, os tratamentos com fungos são apresentados na tabela 3, além de existir um controle não inoculado.

TABELA 3. Tratamentos de fungos micorrízicos arbusculares utilizados e sua procedência

Isolados	Procedência
1- <i>Scutellospora pellucida</i> (Nicol. & Schenck) Sanders	Walker & Ecossistema de Cerrado
2- <i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	Agrossistema de Cafeeiro
3- <i>Entrophospora colombiana</i> Spain & Schenck	Ecossistema de Cerrado
4- <i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerd. & Trappe	Pastagem de Braquiária
5- <i>Gigaspora margarita</i> Becker & Hall	Agrossistema de Milho
6- <i>Glomus etunicatum</i> Becker & Gerdemann	Agrossistema de Cafeeiro
7- <i>Scutellospora gregaria</i> (Schenck & Nicol.) Sanders	Walker & Cultura de Braquiária
8- População nativa de agrossistema	Agrossistema com culturas anuais - UFLA
9- <i>Glomus clarum</i> Nicol. & Schenck,	Pastagem de Braquiária
10- População nativa da floresta	Reserva Florestal - UFLA
11- Controle	

Todos os FMAs foram multiplicados em vaso de cultivo, utilizando um substrato composto de uma mistura solo:areia na proporção (3:1, v/v), fumigado para eliminar os microrganismos nativos, e depois foi inoculado com solo-inóculo adicionando 3 g por vaso de cada isolado. O capim braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.), foi utilizado como planta hospedeira em todos os vasos sendo cultivado por 4 meses, em casa de vegetação, com adequada luminosidade e irrigação, até o momento de serem verificados, através de avaliações, a multiplicação e pureza dos isolados de FMAs. Uma vez constatado este fato, utilizando a técnica de Gerdemann & Nicolson (1963), se procedeu a extração dos esporos de cada isolado, e assim, se formou uma suspensão destes contendo

espécies puras procedentes de vasos de cultura e misturas de isolados de fungos indígenas oriundos de áreas da região de cerrado. A inoculação foi realizada através de pipetagem de suspensão de esporos padronizadas sobre as raízes, aplicando-se em torno de 200 esporos por plântula por ocasião da repicagem destas para vasos de conformação dos tratamentos.

3.4 Coleta de dados e análise estatísticas

Antes de fazer a coleta das plantas para análise de biomassa foi feita uma avaliação de trocas gasosas para as seguintes espécies: açoita-cavalo, embaúba, aroerinha, cássia carnaval, fedegoso, ipê amarelo, moreira, mutamba, sabiá, trema e cedro. Devido a não disponibilidade dos equipamentos para medições fisiológicas em todos os experimentos, apenas 11 espécies puderam ser avaliadas. Se utilizou um sistema analisador portátil de CO₂ a infravermelho (IRGA), modelo ADC-LCA-4 (Hoddesdon, UK). Com esse equipamento foram feitas avaliações de fotossíntese líquida, transpiração e condutância estomática. Estas avaliações foram realizadas em dias distintos, abrangendo o período de 10 até 12 horas (hora solar) em dias, predominantemente, claros e em folhas totalmente expandidas e previamente escolhidas no terço médio superior do ramo de cada planta e com orientação cardeal leste. Utilizou-se três repetições por tratamento sendo avaliada uma folha por planta. A eficiência no uso da água instantânea foi determinada pela razão entre a fotossíntese líquida e transpiração.

Ao final da condução dos ensaios (Tabela 2) as plantas foram avaliadas quanto ao desenvolvimento através da massa seca da parte aérea, colonização micorrízica total. Para estas avaliações foram separadas cada parte do vegetal e posteriormente lavadas com água destilada, sendo secas em estufa a 60⁰ C até atingir peso constante. As partes aéreas depois de secas foram pesadas, moídas e utilizadas para determinação do teor de nutrientes. O N foi determinado pelo método semi-micro

Kjeldahl (Liao, 1981), e a destilação e titulação, segundo Bremner & Edward (1965). No extrato obtido por digestão nitroperclórica segundo Zakosky & Bauru (1977), determinaram-se os teores de Ca e Zn por espectrofotometria de absorção atômica; P, por fotocolorimetria, e K, por fotometria de chama.

Das raízes frescas coletaram-se 1 g de raízes finas, e armazenadas em FAA (Formalina-álcool-ácido acético) para posteriormente serem submetidas à clarificação e coloração com azul de tripano, segundo a técnica de Phillips & Hayman (1972). Avaliou-se posteriormente, a porcentagem de segmentos colonizados (Giovannetti e Mosse, 1980).

Todos os dados foram submetidos à análise de variância e teste de médias utilizando-se o Sistema de Análise Estatística (SAEG-5.0) 1993, UFV.

Para melhor entendimento dos resultados calcularam-se, em porcentagem, índices relativos que permitiram estabelecer referenciais de comparação das respostas obtidas para efeitos dos fungos sobre as plantas. Para isto calculou-se os índices apresentados abaixo, sendo N = número de plantas estudadas; n = número de tratamentos fúngicos.

- a) Índice de compatibilidade absoluta, %

$$ICA = \left(\frac{\text{número de espécies de plantas colonizadas}}{N} \right) \times 100$$

- b) Índice de compatibilidade funcional, %

$$ICF = \left(\frac{\text{número de espécies de plantas com colonização } \geq 20\% \text{ (Cooper, 1984)}}{N} \right) \times 100$$

- c) Índice de susceptibilidade micorrizica, % – ISM;

$$ISM = \left(\frac{\text{número de fungos com os quais as espécie de planta apresentou CM } \geq \text{média}}{n} \right) \times 100$$

- d) Índice de amplitude de eficiência simbiótica do fungo, % - IAE_F;

$$IAE_F = \left(\frac{\text{número total de espécies de plantas que determinado fungo exerceu efeito positivo significativo}}{N} \right) \times 100$$

e) Índice de promiscuidade micotrófica da planta, % - IPMp;

$$\text{IPMp} = \left(\frac{\text{número total de fungos que determinada espécie de planta se beneficiou significativamente}}{n} \right) \times 100$$

f) Responsividade máxima da planta, % - RMP,

$$\text{RMP} = \left(\frac{\text{MSPA máxima para planta inoculada - controle}}{\text{controle}} \right) \times 100$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Colonização micorrízica

A colonização micorrízica (CM) variou marcadamente entre os isolados fúngicos para cada uma das espécies arbóreas (Tabela 4). Plantas não inoculadas não apresentaram colonização. A inoculação com alguns dos isolados fúngicos não promoveu CM na mutamba quando utilizou-se *G. gigantea*, em trema com *A. scrobiculata* e no cedro para *A. scrobiculata* e *Gl. etunicatum*, embora certas espécies como a cássia carnaval, pau ferro e cedro apresentaram CM de apenas 1% enquanto o maricá e moreira atingiram 92%, indicando a alta susceptibilidade destas espécies aos FMAs. Todas as plantas apresentaram CM quando inoculadas com *E. colombiana* e *Gl. clarum* com porcentagens que variaram entre 10 e 91%. Muitas plantas mostraram baixa CM, valores inferiores ao 10% com alguns dos isolados. Por exemplo, fedegoso, gravitinga, mutamba, pau ferro e tamboril apresentaram CM de 8, 4, 1, 10 e 7%, respectivamente quando inoculadas com *A. scrobiculata*, indicando certa restrição destas espécies a esse fungo. A amplitude de CM indica que as espécies apresentaram ampla variação na CM iniciando de valores abaixo de 1% a valores acima de 90% da extensão das raízes colonizadas. Houve, nas médias de porcentagens de CM, resultados acima de 50% nas espécies bico de pato, maricá, moreira e sabiá, as demais espécies apresentaram valores entre 20 e 45%.

Os fungos estudados apresentam elevados valores para o índice de compatibilidade absoluta (ICA) que indica a capacidade do fungo em colonizar diferentes plantas independentemente da extensão da colonização ou de apresentar colonização funcional (ICF). O ICA indica reduzida seletividade das

espécies estudadas a esses fungos sendo que *A. scrobiculata* e *S. gregaria* foram os fungos mais segregado. Para o índice de compatibilidade funcional (ICF) verifica-se que cinco isolados, *Gl. etunicatum*, *E. colombiana*, *G. margarita*, *S. gregaria* e *G. clarum*, apresentaram elevados valores, enquanto *A. scrobiculata*, *G. gigantea* e *S. gregaria* apresentaram os mais baixos índices o que indica que os primeiros isolados foram mais compatíveis com as espécies de plantas estudadas.

Para ter uma idéia da susceptibilidade das plantas aos diferentes fungos determinou-se para cada planta os de fungos que apresentaram CM acima ou igual à média (índice de susceptibilidade micorrizica-ISM). Os resultados apresentados demonstram que o bico de pato foi a espécie que maior índice apresentou, 80%, seguido do ipê, maricá e moreira com 70%, depois a gravitinga e mutamba com 60%, açoita cavalo, aroerinha, fedegoso, pau ferro, sabiá e trema com 50% e o resto das espécies apresentaram resultados abaixo de 50% de ISM (Tabela 4). Embora este parâmetro é muito influenciado pela variância da média os resultados indicam que espécies de plantas com elevado índice de susceptibilidade micorrizica apresentam mais oportunidade de formar micorriza na presença de FMAs.

Flores-Aylas (1999) estudou seis espécies arbóreas inoculadas com *G. etunicatum* em condições de semeadura mista, sendo comuns ao presente estudo (fedegoso, mutamba, gravitinga, aroerinha e trema). Este autor observou CM semelhantes do presente estudo para várias espécies, porém, provavelmente, as diferentes condições em que foram desenvolvidos ambos ensaios determinaram os valores distintos de CM na gravitinga e aroerinha. Siqueira & Saggin-Junior (2001) estudaram 28 espécies arbóreas entre elas 9 utilizadas no presente estudo (gravitinga, ipê amarelo, açoita cavalo, embaúba, trema, pau ferro, fedegoso, cássia carnaval e cedro), utilizando apenas a inoculação com *Gl. etunicatum*. Relatando resultados de CM bastante semelhantes ao presente estudo para a

maioria das espécies. Siqueira et al. (1998) estudaram também 28 espécies, 7 incluídas no presente estudo (aroerinha, trema, açoita cavalo, fedegoso, cássia carnaval, pau ferro e cedro). Entretanto, distintamente do presente estudo eles trabalharam com substrato contendo mistura de solo e casca de arroz carbonizada e além de *Gl. etunicatum*, também inocularam *G. margarita*. Estes autores verificaram resultados concordantes quanto à CM, com o presente estudo.

Habte & Manjunath (1987), Aziz & Habte (1987), Siqueira & Saggin-Junior (2001) propõem que a concentração de $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de P na solução do solo seja próxima ao ótimo para a atividade da simbiose micorrízica na maioria das plantas, entretanto foram verificadas diferenças nos resultados de CM obtidos nas diferentes espécies vegetais em função do isolado fúngico, aspecto que sugere que as plantas apresentam diferentes níveis de controle de CM, em função da disponibilidade de P no solo e compatibilidade genética com o fungo (Siqueira et al., 1984; Amijee et al., 1989; Bolan, 1991) além de outros fatores como características intrínsecas das plantas (Koide & Schreiner, 1992) e o fungo.

Foi observado que todos os isolados fúngicos foram capazes de colonizar a maioria das plantas, no entanto, como resultado deste processo foi verificado que a susceptibilidade à CM varia para diferentes combinações planta-fungo a CM é controlada por características próprias e específicas da planta que determina o grau de compatibilidade entre os parceiros (Smith e Read, 1997; Koide e Schreiner, 1992).

4.2 Produção de matéria seca

Os diferentes tratamentos de inoculação exerceram efeitos significativos (Figura 4, tabela 5) e diferenciados na produção de matéria seca da parte aérea das espécies vegetais estudadas. Para açoita cavalo e embaúba, com exceção de

TABELA 4. Porcentagens de colonização micorrízica nas raízes das espécies arbóreas estudadas sobre o efeito de inoculação ou não com FMAs. A- amplitude; ICA - índice de compatibilidade absoluta; ICF - índice de compatibilidade funcional; ISM - Índice de susceptibilidade micorrízica, X - médias de CM para cada FMA.

Tratamentos	ao	em	ar	bp	co	fe	gr	ip	ma	mo	mu	pf	sa	ta	tr	oe	A	X	ICA	ICF
<i>S. pellucida</i>	55a	70ab	40a-c	89a	42a	33b-d	72a	78a	75ab	82ab	71a-o	35a-d	43ab	78a	4od	60a	4-89	58	100	94
<i>A. scrobiculata</i>	14b-c	14od	19od	69ab	37ab	8de	4od	54a-o	60a-o	80	55b-d	1de	10bo	7d	0d	0e	0-80	27	88	38
<i>E. colombiana</i>	43ab	13od	69a	82a	12a-o	24od	57a	80a	67a-o	79	44o-d	58ab	51ab	46bo	10b-d	65a	10-82	50	100	81
<i>G. gigantea</i>	15b-d	39a-o	20bd	32bo	37ab	62a-o	19a-o	4d	69a-o	69	0e	18b-e	53ab	6d	9od	4o-e	0-69	29	94	50
<i>G. margarita</i>	24a-d	28bo	49a-c	51a-o	16a-o	73a-b	67a	68ab	37a-d	36	91a	56ab	53ab	12d	64a	1de	1-91	45	100	81
<i>Gl. etunicatum</i>	6o-e	81a	7de	80ab	21ab	58a-o	66a	5d	13od	31	80ab	65a	84a	4d	34a-o	0e	0-84	40	94	69
<i>S. gregaria</i>	10o-e	32bo	20b-d	3d	1cd	76a	47ab	3d	34b-d	52	3e	7o-e	40ab	8d	70a	2de	1-76	26	100	50
<i>E. agrossistema</i>	25a-o	25bo	45a-o	73ab	40a	30a	19bo	53a-o	62a-o	77	3e	28a-d	26bo	4d	36	26bo	3-77	36	100	81
<i>Gl. clarum</i>	24a-d	29bo	14o-e	78ab	10b-d	74od	61a	45a-o	92a	91	45 od	40a-o	49ab	57b-o	53ab	60ab	10-92	51	100	88
<i>E. ecossistema</i>	22de	37a-o	56ab	79a	14a-o	9a	0d	49a-o	92a	92	28d	58ab	88a	3d	2d	18od	0-92	40	94	63
Media de CM	24	37	34	64	23	45	41	44	60	69	42	37	50	23	28	24	-	-	-	-
ISM	50	30	50	80	40	50	60	70	70	70	60	50	50	30	50	40	-	-	-	-

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 5%, pelo teste de Tukey.

S. gregaria e *A. scrobiculata*, respectivamente, todos os fungos tiveram efeito positivo no crescimento com incrementos relativos que atingem 320% para açoita-cavalo e 500% para embaúba, em relação ao controle. Em bico de pato, apenas os fungos de *S. pellucida*, *E. colombiana*, *Gl. etunicatum* e *Gl. clarum* exerceram efeito benéfico, sendo, esse efeito menos acentuado, comparado ao das espécies anteriores com incrementos relativos de máximo 200%. Para aroerinha, cássia carnaval e gravitinga foram verificadas diferenças favoráveis aos fungos quando comparado ao controle, no entanto não existiram diferenças acentuadas entre os fungos. Para a gravitinga a *S. gregaria* e os isolados provenientes do ecossistema de floresta não beneficiaram a produção de matéria seca, assim como para o fedegoso que além da *S. gregaria* não houve efeito quando inoculou-se *S. pellucida* e *A. scrobiculata*. O ipê teve maiores respostas a *S. pellucida*, *E. colombiana* e *G. margarita*, já no cedro foi verificado acentuados benefícios com os isolados de *S. pellucida*, *E. colombiana* e *Gl. clarum*. Comportamento idêntico à inóculoção foi observado na mutamba que apresentou também respostas positivas a alguns dos fungos, sendo tais respostas bastantes expressivas com os isolados *Gl. clarum*, *Gl. etunicatum* e *G. margarita* ao se comparar ao controle. Para o sabiá apenas três fungos não mostraram respostas em relação ao controle. As respostas positivas no tamboril foram verificadas apenas quando inoculado com *S. pellucida* e *Gl. clarum* para o resto das espécies não houve diferenças. Embora não comparadas estatisticamente, açoita cavalo, embaúba e gravitinga apresentaram os maiores valores absolutos de massa seca, superiores a 28g, coincidentemente, estas respostas foram obtidas com a mesma espécie fúngica *Gl. clarum*. Todas as plantas deixaram de responder ao menos a um fungo.

Neste estudo foram verificados incrementos relativos de massa seca da parte aérea de 610% para trema e de 1707% para gravitinga, para a mesmo isolado fúngico o que indica que o nível de 0,02 mg L⁻¹ de solo foi adequado para avaliar os efeitos da MA. Siqueira et al. (1998), Siqueira & Saggin-Junior (2001)

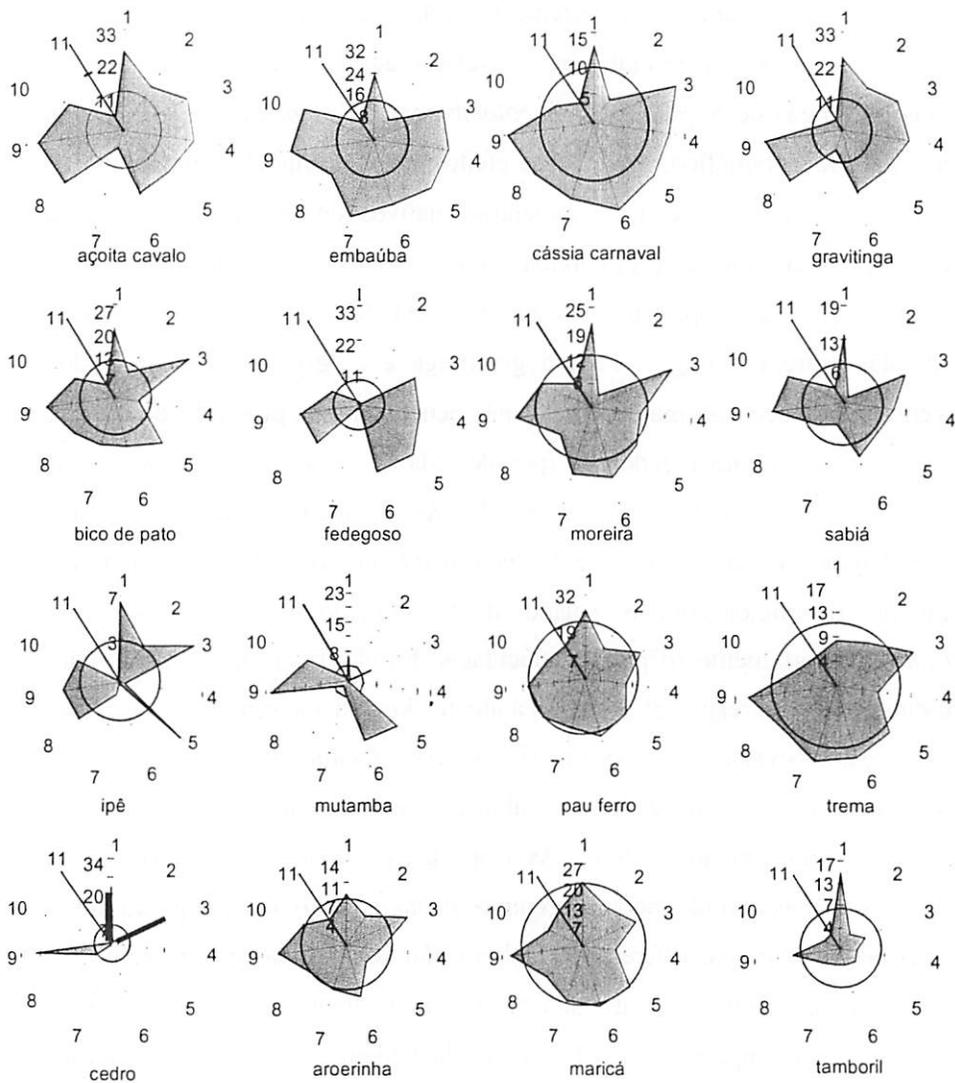


FIGURA 4. Matéria da parte aérea, seca em g.planta⁻¹ das espécies arbóreas sobre o efeito de inoculação ou não com FMA: 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- Espécies de agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- Espécies da floresta, 11- Controle. Círculos com linhas contínuas ao centro das figuras correspondem ao resultado do DMS + controle por Tukey a 5% e compara os isolados com o controle. Valores referidos nos eixos são mais detalhados na tabela 5 onde se comparam todos os tratamentos.

TABELA 5. Matéria da parte aérea, seca (g) das diferentes espécies de plantas sob efeito dos diferentes tratamentos fúngicos.

Fungos/Plantas	ao	em	ar	bp	oo	fe	gr	ip	ma	mo	mu	pf	sa	ta	tr	ce
<i>S. pellucida</i>	25,56 ab	23,13 ab	8,43 a-o	19,60 ab	12,80 a	0,97 o	23,89 b	6,22 a	20,96 ab	20,48 ab	5,98 de	25,90 a	13,17 ab	14,54 a	7,87 od	21,63 a
<i>A. scrobiculata</i>	17,29 b	8,56 o	5,84 b-d	8,76 de	4,76 b	0,73 o	17,30 b	3,42 abo	14,73 b-e	3,21 g	0,50 f	13,34 o	1,16 f	3,65 o	9,08 b-d	0,55 o
<i>E. colombiana</i>	23,63 ab	25,55 ab	11,01 a	25,67 a	14,68 a	21,63 a	22,64 b	6,60 a	19,06 a-o	22,00 a	6,75 d	24,16 a	12,89 ab	5,22 bo	14,06 a	20,43 a
<i>G. gigantea</i>	23,81 ab	25,24 ab	5,83 b-d	7,98 de	12,40 a	20,95 a	25,21 a	0,49 bo	10,45 e	12,01 d-f	0,21 f	16,28 bo	9,66 a-o	3,30 o	6,97 d	0,17 o
<i>G. margarita</i>	20,24 ab	25,79 ab	4,62 d	20,52 ab	13,11 a	24,96 a	20,84 b	6,59 a	20,24 a-o	14,51 b-e	17,49 ab	21,01 ab	8,73 b-d	3,81 o	11,81 a-o	0,17 o
<i>Gl. etunicatum</i>	20,82 ab	23,69 ab	9,05 ab	14,57 b-d	14,96 a	23,34 a	20,82 b	0,06 o	20,61 ab	18,53 a-o	15,24 bo	23,02 a	11,21 a-o	3,07 o	12,54 ab	0,35 o
<i>S. gregaria</i>	5,84 o	28,34 a	7,72 a-d	14,20 b-d	13,07 a	0,55 o	7,46 o	0,88 bo	18,81 a-d	17,65 a-d	2,68 ef	19,48 a-o	4,84 d-f	3,28 o	13,56 a	0,40 o
<i>E. agrossistema</i>	25,77 ab	18,71 b	7,26 b-d	16,14 bo	12,96 a	19,34 a	25,74 a	4,35 a	15,08 b-e	10,41 ef	1,58 f	21,90 ab	7,08 o-e	4,09 o	11,44 a-o	7,30 b
<i>Gl. clarum</i>	28,71 a	28,96 a	11,11 a	20,81 ab	14,47 a	20,52 a	28,71 a	4,62 a	22,91 a	18,65 a-o	20,47 a	22,68 ab	14,10 a	9,35 b	14,53 a	27,15 a
<i>E. floresta</i>	20,19 ab	25,91 ab	7,64 a-d	13,33 o-e	6,80 b	10,67 b	5,66 o	3,80 ab	12,29 de	13,54 o-e	12,11 o	16,24 bo	12,21 ab	3,35 o	6,84 d	0,91 bo
Controle	5,34 o	7,64 o	5,14 od	4,74 e	4,32 b	1,65 o	3,75 o	0,11 o	13,80 o-e	7,18 fg	0,68 f	14,51 o	3,27 ef	3,41 o	6,44 d	0,26 o

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 5%, pelo teste de Tukey

também verificaram em trema e gravitinga respostas à inoculação com *Gl. etunicatum*, superiores a 1000%. Trema e gravitinga são espécies de taxa de crescimento diário elevado (Saggin-Junior, 1997) e para atender sua grande exigência nutricional demandada pelo rápido crescimento, em condições de pouco P disponível, se beneficiam dos FMAs apresentando grande resposta à inoculação Saggin-Junior (1997). Segundo Siqueira & Saggin-Junior (2001), a gravitinga, aroerinha e trema, quando não inoculadas, apresentaram grande resposta ao P na concentração de 0,2 mg L⁻¹ de P na solução do solo não diferindo das plantas micorizadas, evidenciando micotrofismo facultativo destas espécies e caracterizando baixa dependência micorrízica. Os resultados obtidos aqui para a resposta à inoculação em massa seca corroboram os estudos desenvolvidos por Siqueira & Saggin-Junior (2001) para as espécies açoita cavalo, cássia carnaval, embaúba, fedegoso e pau ferro; Paron et al. (1997) para o fedegoso e Siqueira et al. (1998) nas espécies trema, açoita cavalo, cássia carnaval, pau ferro.

Como nenhuma das espécies estudadas respondeu a todos os fungos criou-se o índice de amplitude de eficiência simbiótica dos fungos (IAE_f), um índice que indica a diversidade de comportamentos dos mesmos em quanto a eficiência.

Arbitrariamente em correspondência com a eficiência simbiótica, os fungos (Figura 5, tabela 1A) foram categorizados em: eficiência ampla (Gc, Ec, Sp, Ge), intermediária (Agr, Gm), restrita (Flo, Gg, Sg) e muito restrita (As). Apenas o *G. clarum* teve efeito significativo no crescimento de todas as espécies estudadas, não apresentando qualquer restrição por parte dos 16 hospedeiros estudados, enquanto o fungo *A. scrobiculata* o mais restrito, só teve efeito na gravitinga e mutamba e apresentou reduzidos valores médios de CM e ICF (Tabela 4). Observa-se que entre os fungos que aparecem na ampla faixa de eficiência, três apresentaram os maiores valores médios de CM (Tabela 4) e também valores elevados para o índice de compatibilidade funcional. Isto significa que estes fungos foram capazes de colonizar a maior

parte das espécies e estabelecer uma associação que repercutiu positivamente nas respostas das plantas no seu comportamento e produção de massa seca (Figura 4, tabela5).

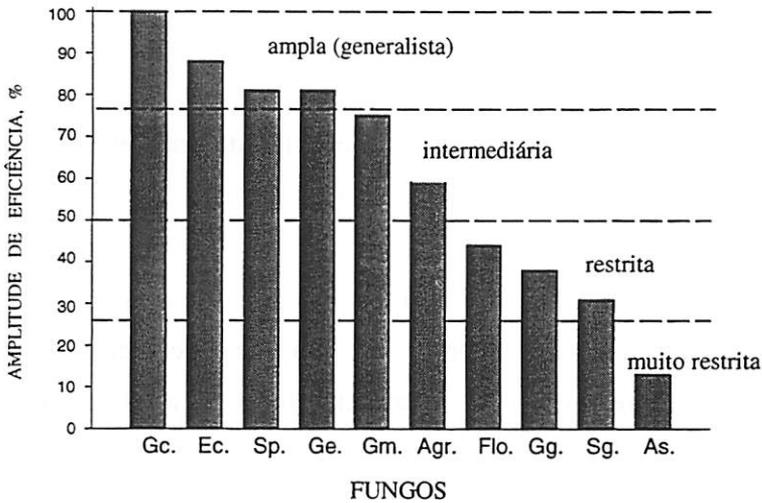


FIGURA 5. Índice de amplitude de eficiência dos fungos (IAE_f): Gc-*Glomus clarum*, Ec-*Entrophospora colombiana*, Sp-*Scutellospora pellucida*, Ge-*Glomus etunicatum*, Gm-G.*margarita*, Agr-Espécies de agrossistema, Flo-Espécies de floresta, Gg-*Gigaspora gigantea*, Sg-*Scutellospora gregaria*, As-*Acaulospora scrobiculata*.

Estudos de levantamento da diversidade de Glomales no sudeste do Brasil (Saggin-Junior & Siqueira, 1996; Siqueira et al., 1989) e na Grande Savana Venezuelana (Cuenca et al., 1998) realizados em agro e ecossistemas identificam espécies do gênero *Acaulospora* como as de maior índice de ocorrência em agrossistemas ao se comparar aos ecossistemas naturais. Considerando os resultados obtidos no presente estudo a espécie *Acaulospora scrobiculata*, manifestou um IAE_f para as espécies arbóreas estudadas de apenas 13%. Segundo Siqueira & Franco (1988) o gênero *Acaulospora* apresenta um amplo intervalo de adaptação às diversas condições de fertilidade e mudanças no solo. Zangalo et al. (2000)

atribuíram que as mudanças na composição de espécies de FMAs quando a floresta é perturbada deve-se provavelmente, a uma diminuição ou eliminação das espécies de FMAs mais adaptadas ao ambiente no interior da floresta e à seleção daquelas mais adaptadas ao novo ambiente perturbado, por tanto se pode inferir que na floresta espécies deste gênero desempenham uma função mais discreta que no agrossistema.

Quando a relação é avaliada enfatizando a susceptibilidade da planta hospedeira, adotou-se o índice de promiscuidade micotrófica (IPMp) que variou de 90% em embaúba e açoita cavalo até 20% em tamboril (Figura 6, tabela 2A). Nenhuma das espécies estudadas beneficiou-se de todos os fungos evidenciando, portanto, certo grau de especificidade funcional. Os maiores valores verificados foram em embaúba, acoita cavalo com 90%, cássia carnaval e gravitinga com 80%, porém, entre 75 e 50% foram observados nas demais espécies com exceção de aroerinha, cedro, maricá e tamboril que apresentaram valores abaixo de 50%. Do mesmo modo que foi feito para IAE_r , as plantas podem ser arbitrariamente categorizadas quanto a promiscuidade micotrófica em muito ampla (generalistas), intermediárias, restritas e muito restritas. Devemos ressaltar que o cedro, apesar de haver apresentado promiscuidade micotrófica restrita, manifestou o mais elevado valor de responsividade máxima (RMP) no caso ao *Glomus clarum* com 10340% (Figura 7). Outras plantas que se destacaram foram o ipê com 5900% de RMP quando inoculado com *E. colombiana*, a mutamba com 2910% com *Gl. clarum* e o fedegoso 1400% com *G. margarita*, sendo que, no resto das espécies estes resultados oscilaram entre 66 e 670%. Em outro estudo Saggin-Junior (1997) obtiveram na embaúba, gravitinga, açoita-cavalo, trema, aroerinha, c. carnaval e cedro, respostas superior a 1000% na produção de massa da parte aérea seca quando estas espécies foram inoculadas com *Gl. etunicatum*. Todo isto nos faz inferir que promiscuidade, em determinadas condições, não se relaciona diretamente com responsividade, pelo que uma espécie pode não ser promiscua, porém,

extremamente responsiva a determinado fungo. Nas figuras 1B, 2B e 3B são apresentados o efeitos de diversos fungos no crescimento de algumas das espécies arbóreas estudadas.

Cabe destacar que mais de 50% das plantas obtiveram sua máxima produção de matéria seca (Figura 4) com o fungo *Gl. clarum*, 13% delas com *S. pellucida* e as restantes com os fungos *E. colombiana* (2%), *Gl. etunicatum*, *G. margarita* e isolados da floresta (1%), indicando que *Gl. clarum* apresentou ampla eficiência e adaptação as espécies vegetais estudadas e as condições experimentais.

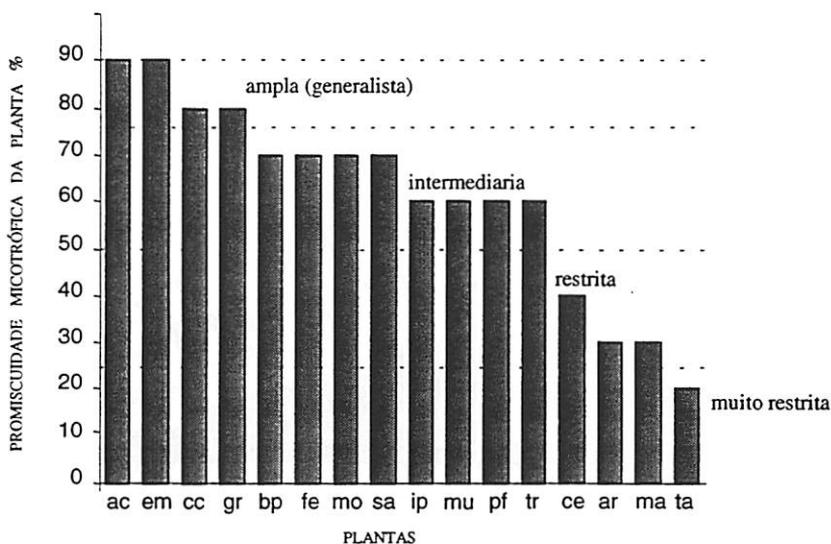


FIGURA 6. Índice de promiscuidade micorrizica (IPMp) para as diferentes espécies vegetais.

É interessante ressaltar que o índice de susceptibilidade à colonização micorrizica (ISM) expressa a porcentagem de isolados com os quais a planta obteve CM acima da média (Tabela 4) não necessariamente esteve relacionado à responsividade máxima da planta (RMP), mostrando que existem consideráveis diferenças no nível de resposta simbiótica desta aos diversos fungos pois estes diferiram na sua capacidade colonizadora. O maricá apresentou um ISM de 60%, ao passo que sua responsividade, máxima foi restrita com 40%, como também podemos mencionar à

embaúba que apresentou um ISM de 30% ao passo que a RMP foi ampla com 90%. Deve-se destacar o fato que o tamboril apresentou baixo ISM e baixa responsividade o que significa que foi colonizado preferencialmente por poucos isolados indicando preferência ou compatibilidade entre hospedeiro-endofito (McGonigle & Fitter, 1990), fato este constatado em plantas cultivadas por Schenck & Kinloch (1980) e Dhillon (1992a,b), assim como por Giovannetti & Hepper (1985) em leguminosas forrageiras. Os resultados indicam que combinações fungo-planta podem exibir acentuadas diferenças funcionais, resultando em graus variados de compatibilidade simbiótica (Alexander et al., 1992; Giovannetti & Hepper, 1985).

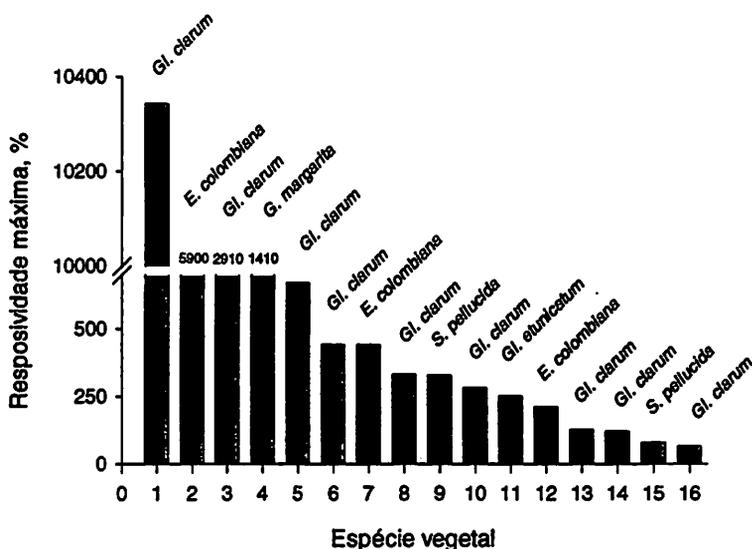


FIGURA 7. Responsividade máxima da planta - RMP (%) da planta a respectivo isolado. 1- cedro; 2- ipê; 3- mutamba; 4- fedegoso; 5- gravitinga; 6- açoita cavalo; 7- bico de pato; 8- sabiá; 9- tamboril; 10- embaúba; 11- cássia carnaval; 12- moreira; 13- trema; 14- aroerinha; 15- paú ferro; 16- maricá.

O comportamento geral das diversas combinações fungo-planta e o efeito (positivo ou não) na matéria seca da parte aérea em relação ao controle, assim como os índices relativos IAE_F e $IPMP$ são resumidos na

tabela 6. Estes dados nos conduzem a deduções de interesse prático e que podem ser utilizados em diversas situações.

Quando o objetivo for recuperação de uma área com solos pobres ou degradados, caracterizada por baixa densidade de propágulos ou por uma diversidade de Glomales “reduzida”, constituindo uma limitação para o sucesso da revegetação, podem-se utilizar duas estratégias biotecnológicas que pode garantir recuperação: a primeira é o aumento da infectividade do solo, através do manejo do solo ou inoculação com FMAs (Jasper et al., 1992). Considerando esta primeira, deve-se ter em conta o índice de amplitude de eficiência simbiótica, definindo a inoculação com aqueles isolados de maiores índices como *Gl clarum*, *E. colombiana*, *S. pellucida* e *Gl. etunicatum*, garantindo assim, o benefício ao maior número de plantas. Deve-se ressaltar que a utilização de isolados com menor amplitude de eficiência reduzirá as chances de seleção de plantas. Considerando a segunda estratégia, pode-se selecionar as plantas mais promiscuas, já que estas apresentam mais oportunidades para o sucesso deste processo biotecnológico, devido a sua menor seletividade de espécies de fungos. A utilização de plantas menos promiscuas comprometerá o processo de restauração, já que a diminuição do índice de promiscuidade implica aumentos do grau de seletividade, o que significa redução das chances de sobrevivência das espécies, ou seja, a embaúba, com IPM_p de 90%, terá muito mais chances de sobreviver e desenvolver-se que o tamboril com IPM_p de 20%. A vantagem para a planta de baixa especificidade está na maior chance de ser colonizada por um fungo compatível, facilitando a potencialidade de capturar nutrientes fornecidos pelo micélio dos FMA (Francis & Read, 1994). Recomenda-se em ambas estratégias biotecnológicas uma adubação fosfatada de modo a atingir a concentração de pelo menos $0,02 \text{ mg L}^{-1}$ de P na solução do solo. No caso do solo estudado, isto equivale à aplicação de 52 mg de P por kilograma na forma de superfosfato triplo.

TABELA 6. Resumo dos efeitos dos isolados, na matéria seca da parte aérea, das espécies arbóreas

Fungo/Planta	ac	em	cc	gr	bp	fe	mo	sa	ip	mu	pf	tr	ce	ar	ma	ta	Total ⁽¹⁾	AEF, %
<i>Gl. clarum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16	100
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	14	88
<i>S. pellucida</i>	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	0	+	0	+	+	13	81
<i>Gl. etunicatum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	+	0	+	+	0	13	81
<i>G. margarita</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	12	75
<i>E. agrosistema</i>	+	+	+	+	+	+	0	0	+	0	+	+	+	0	0	0	10	63
<i>E. floresta</i>	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	7	44
<i>G. gigantea</i>	+	+	+	+	0	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	6	38
<i>S. gregaria</i>	0	+	+	0	+	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0	5	31
<i>A. scrobiculata</i>	+	+	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	2	13
Total⁽²⁾	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	4	3	3	2	-	-
PMP (%)	90	90	80	80	70	70	70	70	60	60	60	60	40	30	30	20	-	-

+: aumenta o efeito

0: sem efeito ou diminui

1: Total de plantas beneficiadas por determinado isolado

2: Total de isolados com efeito positivo na planta

IAE_F: Índice de amplitude de eficiência simbiótica

IPMp: Promiscuidade simbiótica da planta

4.3 Nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas.

O efeito dos tratamentos nos teores de nutrientes, na parte aérea das diferentes espécies, foram muito variados em função do fungo e da planta, sendo aqueles mais influenciados apresentados na tabela 7. O teor de N não foi influenciado pelos isolados fúngicos nas espécies açoita cavalo e moreira quando comparado ao controle. Para as outras espécies a inoculação aumentou os teores de N, porém de forma variada. Cássia carnaval exibiu teores deste nutriente mais elevado que o controle na maioria dos tratamentos, não sendo apenas constatado tal efeito na *S. pellucida* e isolados de floresta. No cedro houve efeito para *S. pellucida*, *A. scrobiculata*, *E. colombiana*, *G. gigantea* e *Gl. clarum*. Ressalta-se o fato que os teores de N foram maiores na moreira que nas demais espécies, indicando a sua grande exigência a este nutriente. Embaúba mostrou teores mais elevados de N nos tratamentos com *A. scrobiculata* e controle, onde houve menor crescimento (Figura 1), o que pode resultar em efeito de diluição do nutriente na matéria seca (Jarrel & Beverly, 1981). Do mesmo modo ocorreu no açoita cavalo para *S. gregaria*, no tamboril com *S. pellucida*, e na trema com *E. colombiana*, *G. margarita*, isolados do agrossistema, e *Gl. clarum*. Este comportamento evidencia a complexa interação entre os fatores estudados: planta e fungo, que neste estudo foram geralmente pequenos e poucos consistentes para os efeitos dos fungos. Os isolados que mais contribuíram ao aumento do teor de N foram *S. pellucida*, *Gl. clarum* e *G. gigantea* aspecto de interesse para recomendar seu uso. Os isolados de oriundos de florestas não influenciaram positivamente o teor de N em nenhuma das espécies. O isolado *G. margarita* apenas afetou o teor de N nas espécies c. carnaval e trema. Apesar de terem sido realizadas inoculações com rizóbio, não foi verificada nodulação nestas espécies. Não ocorreram diferenças entre espécies nodulíferas e não nodulíferas em relação aos teores de N.

Os teores de P foram influenciados de modo semelhante aos de N, isto é de forma variada. Somente a embaúba não apresentou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) no teor deste nutriente, para os diversos isolados fúngicos. Em açoita cavalo e moreira não houve resposta dos tratamentos quando comparados ao controle. As demais espécies de plantas responderam ao menos a um tratamento fúngico. Tais efeitos

foram variados para cada fungo em função da espécie vegetal. O teor de P foi aumentado pela inoculação na aroeirinha, fedegoso, mutamba e sabiá inoculadas com *A. scrobiculata*, na moreira, bico de pato e cássia carnaval inoculada com isolados do agrossistema, no tamboril, gravitinga e cedro com *S. pellucida*, no ipê e pau ferro *Gigaspora gigantea* e trema com *Gigaspora margarita*. O efeito positivo do fungo no teor de P apresentou valores que oscilaram desde 9% para com *S. pellucida* no ipê até 135% com o mesmo isolado no cedro. Também foi observado notáveis aumentos no teor de P quando se inoculou bico de pato e c. carnaval com isolados do agrossistema atingindo teores superior ao controle em 121 e 113%, respectivamente, assim como também na gravitinga com *S. pellucida* (112%). Os isolados do agrossistema influenciaram positivamente o teor de P em sete das espécies estudadas. Para *Glomus etunicatum* não foi verificado efeito em nenhuma das espécies. Também o ipê e trema apresentaram efeito significativo nos seus teores de P com a metade dos fungos, aspecto de grande interesse em programas de recuperação de áreas. Deve -se ressaltar, no entanto, que os efeitos dos tratamentos sobre os teores de certos nutrientes podem resultar de diluição ou concentração, provocada que se produz pelo crescimento diferenciado das plantas nos diversos tratamentos (Jarrel & Beverly, 1981) como, por exemplo, ocorreu no fedegoso e sabiá quando inoculados com *A. scrobiculata*. Apenas as espécies açoita-cavalo, embaúba e moreira não aumentaram o teor de P nos tratamentos fúngicos quando comparados com controle não inoculado. No caso das espécies açoita-cavalo e embaúba este fato se explica devido a que as mesmas já tinham P suficiente para garantir seu crescimento como verificado por Saggin-Junior (1997) o que provavelmente aconteceu com o sabiá e moreira. Paron et al. (1997) observaram que mudas de trema inoculadas com *Gl. etunicatum* responderam mais ao fungo em doses menores de P, fato este, que foi atribuído pelos autores à eficiência deste isolado em promover o crescimento desta espécie pela elevada demanda ao P característico de espécies pioneiras. Os autores sugerem que mudas de trema não inoculadas precisam 3,2 vezes mais P para atingir o mesmo patamar de produção de massa seca que mudas inoculadas.

TABELA 7. Teor de nutrientes na matéria da parte aérea, seca para as diferentes espécies arbóreas e tratamentos fúngicos.

Fungos	Espécies arbóreas															
	ac	em	ar	hp	cc	fc	gr	ip	ma	mo	mu	pf	sa	ta	tr	cc
	----- Teor N g/kg -----															
<i>S.pellucida</i>	9,20 a	8,79 bc	14,8 a-c	9,10 c	13,6 bc	12,6 h-d	9,83 a	11,9 d	16,6 ab	32,9 a	14,6 b	8,03 bc	11,9 d	13,0 f	16,1 a-d	18,2 ab
<i>A. scrobiculata</i>	11,5 a	15,06 a	17,9 a-c	7,40 c	17,4 ab	18,2 a	7,53 b	15,1 c	11,7 b	31,1 a	19,0 a	7,73 bc	18,6 ab	13,3 f	13,0 cd	15,5 ab
<i>E. colombiana</i>	8,37 a	8,16 bc	14,4 bc	6,93 c	21,1 a	8,28 de	7,53 b	10,9 d	11,6 b	29,8 a	12,3 cd	7,63 bc	15,9 b-d	14,3 ef	12,3 cd	16,5 ab
<i>G. gigantea</i>	9,20 a	8,58 bc	21,5 a	7,91 c	17,5 ab	8,48 de	7,53 b	21,3 a	13,8 ab	31,6 a	11,5 d	10,1 bc	13,3 b-d	17,5 a-c	16,9 a-c	13,2 b
<i>G. margarita</i>	14,4 a	6,27 bc	11,7 bc	7,89 c	16,6 ab	9,62 c-e	6,90 b	16,5 bc	21,6 ab	32,8 a	11,7 d	8,58 a-c	17,4 a-c	17,2 a	13,2 cd	11,7 bc
<i>Gl. etunicatum</i>	10,5 a	5,65 c	11,7 bc	9,47 c	19,1 ab	9,41 c-e	6,90 b	16,3 bc	23,4 ab	33,6 a	10,7 d	11,3 a	15,9 b-d	18,1 a	15,9 a-d	8,8 b-d
<i>S. gregaria</i>	13,2 a	6,07 bc	12,3 bc	7,52 c	16,5 ab	16,3 ab	7,32 b	16,3 bc	26,2 a	33,7 a	12,2 cd	6,01 c	21,8 a	17,8 ab	14,4 b-d	6,0 cd
<i>E. agrossistema</i>	11,1 a	9,29 b	11,5 bc	29,7 a	19,2 ab	9,54 c-e	7,32 b	16,3 bc	23,1 ab	31,8 a	14,1 bc	5,80 c	14,8 b-d	15,5 c-e	12,7 cd	10,7 bc
<i>Gl. clarum</i>	7,9 a	6,69 bc	14,3 a-c	20,0 ab	17,9 ab	7,95 c	7,53 b	12,5 d	19,3 ab	32,3 a	11,8 d	7,30 bc	12,2 d	14,6 d-f	11,7 d	19,2 a
<i>E. floresta</i>	12,1 a	8,79 bc	14,3 bc	19,7 b	13,7 bc	11,3 c-e	6,69 b	16,3 bc	23,6 ab	30,7 a	10,4 d	6,89 c	12,9 cd	15,9 b-c	20,5 a	10,4 bc
Controle	15,1 a	13,18 a	9,96 c	14,8 bc	6,95 c	13,4 bc	6,90 b	17,6 b	19,3 ab	31,8 a	12,3 cd	7,61 bc	14,0 b-d	16,5 a-d	19,0 ab	5,8 cd
	----- Teor P g/kg -----															
<i>S.pellucida</i>	1,08 ab	0,78 a	0,91 b	0,80 bc	0,78 b	0,77 b	1,99 a	1,66 bc	0,99 a-c	1,47 ab	0,93 c-e	0,64 ab	0,78 c-f	1,35 a	0,91 cd	1,22 a
<i>A. scrobiculata</i>	0,91 ab	0,76 a	1,73 a	0,59 c	0,83 b	1,28 a	1,19 cd	1,52 cd	0,90 c	1,42 ab	1,45 a	0,53 ab	1,46 a	0,76 de	0,74 d	0,51 bc
<i>E. colombiana</i>	1,20 ab	0,55 a	0,80 b	0,53 c	0,98 b	0,72 b	1,26 cd	1,85 b	1,30 a-c	1,56 ab	0,76 ef	0,63 ab	0,94 b-d	1,24 a-c	0,93 cd	0,94 ab
<i>G. gigantea</i>	0,61 b	0,53 a	1,16 ab	0,76 bc	1,03 b	0,63 b	1,03 cd	2,42 a	1,08 a-c	1,31 b	0,80 d-f	0,88 a	0,93 b-c	0,65 e	1,05 b-d	0,36 c
<i>G. margarita</i>	1,46 a	0,79 a	0,94 b	0,93 bc	0,97 b	1,12 ab	1,21 cd	1,90 b	1,08 a-c	1,52 ab	1,00 b-d	0,54 ab	1,15 ab	0,93 de	1,45 a	0,40 c
<i>Gl. etunicatum</i>	0,82 ab	0,54 a	0,96 b	0,81 bc	1,05 b	0,86 ab	0,94 d	1,52 cd	1,58 ab	1,50 ab	0,70 f	0,65 ab	1,02 bc	0,74 de	1,00 b-d	0,38 c
<i>S. gregaria</i>	0,72 b	0,73 a	0,86 b	0,66 c	0,98 b	0,73 b	1,37 bc	1,88 b	1,63 a	1,46 ab	0,72 ef	0,38 b	0,99 bc	0,93 c-e	1,31 ab	0,38 c
<i>E. agrossistema</i>	0,95 ab	0,63 a	1,10 b	1,68 a	1,94 a	0,89 ab	1,37 bc	1,88 b	1,12 a-c	1,64 a	1,12 bc	0,37 b	0,64 d-f	0,91 de	1,22 a-c	0,42 c
<i>Gl. clarum</i>	1,12 ab	0,79 a	0,74 b	1,20 ab	1,03 b	0,97 ab	1,68 ab	1,35 d	0,97 bc	1,54 ab	1,12 b	0,56 ab	0,52 f	1,32 ab	1,52 a	0,79 ab
<i>E. floresta</i>	1,05 ab	0,66 a	0,91 b	0,84 bc	1,24 ab	1,01 ab	1,29 b-d	1,24 d	1,18 a-c	1,38 ab	0,86 d-f	0,67 ab	0,61 ef	1,03 b-d	1,20 a-c	0,45 bc
Controle	0,95 ab	0,55 a	0,98 b	0,76 bc	0,91 b	0,68 b	0,94 d	1,52 cd	0,97 bc	1,34 ab	0,79 ef	0,50 b	0,85 b-c	0,76 de	0,77 d	0,52 bc

53

...continua...

TABELA 7, Cont.

Fungos	Espécies arbóreas															
	ac	em	ar	hp	cc	fc	gr	ip	ma	mo	mu	pf	sa	ta	tr	cc
	----- Teor K g/kg -----															
<i>S.pellucida</i>	5,20 ab	9,52 a	16,7 a	13,4 c	15,1 ab	5,41 b	5,67 ab	5,64 c	14,4 a	21,5 d	2,63 e	11,5 ab	14,3 b	8,71 a-c	4,44 cd	11,6 a
<i>A. scrobiculata</i>	5,30 ab	5,79 bc	19,3 a	11,8 c	16,3 ab	8,99 a	8,11 a	9,86 ab	13,4 a	20,0 d	6,31 ab	10,4 bc	16,7 ab	9,03 ab	8,71 b	5,10 c
<i>E. colombiana</i>	6,52 ab	2,68 ef	15,1 a	10,4 c	16,8 ab	2,42 c	3,39 b	5,87 bc	11,1 a	22,4 cd	7,93 a	10,9 a-c	14,8 b	6,57 a-d	1,68 d	6,75 bc
<i>G. gigantea</i>	4,31 ab	5,36 b-d	19,9 a	12,6 c	16,7 ab	5,20 b	7,79 a	7,54 a-c	11,6 a	23,6 b-d	4,34 cd	12,1 ab	14,2 b	4,86 cd	12,5 a	4,34 cd
<i>G.margarita</i>	4,62 ab	3,38 d-f	15,7 a	11,6 c	17,8 ab	8,67 a	5,23 ab	7,32 ac	17,6 a	22,4 cd	2,98 de	10,9 a-c	15,2 b	6,64 a-d	5,63 c	2,98 de
<i>Gl. etunicatum</i>	6,30 ab	6,82 bc	14,2 a	12,1 c	15,6 ab	4,47 b	8,21 a	5,10 c	16,3 a	25,5 a-c	7,52 a	14,2 a	14,9 b	6,75 a-d	3,75 cd	7,52 bc
<i>S. gregaria</i>	5,58 ab	9,30 a	13,3 a	11,8 c	14,3 ab	9,54 a	6,23 ab	7,90 a-c	19,0 a	26,1 a-c	2,84 de	7,75 c	21,5 a	7,19 a-d	6,52 bc	7,19 bc
<i>E. agrossistema</i>	7,98 a	2,15 f	14,0 a	32,7 a	12,9 b	2,61 c	6,15 ab	7,32 a-c	17,1 a	25,7 a-c	2,78 de	8,74 bc	14,8 b	4,56 d	5,43 c	5,37 cd
<i>Gl. clarum</i>	2,37 b	4,93 c-e	17,8 a	22,8 b	15,9 ab	6,16 b	7,72 a	10,5 a	13,4 a	26,3 ab	3,74 c-e	10,9 a-c	11,5 b	6,33 a-d	8,84 b	15,2 a
<i>E. floresta</i>	7,70 a	7,68 ab	22,3 a	19,0 b	19,4 a	9,86 a	4,09 b	10,1 a	18,4 a	26,4 ab	5,37 bc	9,50 bc	12,0 b	5,24 b-d	6,48 bc	6,64 cd
Controle	5,27 ab	4,57 c-e	14,2 a	18,9 b	15,8 ab	5,29 b	8,4 a	4,96 c	14,8 a	27,7 a	7,28 a	10,5 bc	11,4 b	10,2 a	4,06 c	2,61 de
	----- Teor Ca mg/kg -----															
<i>S.pellucida</i>	19,4 ab	34,7 ab	10,3 a	21,4 ab	17,8 b	25,5 ab	31,2 a	24,4 cd	18,6 a	51,6 a	17,1 fg	27,2 a	20,6 ab	12,0 de	25,9 ab	6,3 cd
<i>A. scrobiculata</i>	21,2 a	18,2 c	12,8 a	27,5 a	18,2 b	27,9 ab	32,7 a	24,5 b-d	18,8 a	60,9 a	23,2 a-c	13,7 b-d	18,6 a-b	15,7 a	28,8 ab	12,4 cd
<i>E. colombiana</i>	18,2 ab	25,9 a-c	9,61 a	20,9 b	25,9 a	27,2 ab	28,5 a	22,7 de	18,8 a	48,6 a	21,9 bc	12,6 b-d	20,6 ab	14,4 ab	20,4 b	10,4 cd
<i>G. gigantea</i>	14,8 b	25,7 a-c	9,69 a	24,8 ab	17,8 b	25,3 b	29,7 a	19,0 ef	15,1 a-c	45,0 ab	18,3 ef	13,4 b-d	16,8 ab	12,3 c-e	28,3 ab	10,1 cd
<i>G.margarita</i>	18,9 ab	39,2 a	9,27 a	27,3 a	16,4 b	29,0 ab	27,3 a	19,9 ef	16,9 a-c	50,1 a	17,6 fg	13,9 b-d	15,5 b	11,0 e	17,1 b	15,8 bc
<i>Gl. etunicatum</i>	16,3 ab	27,3 a-c	11,2 a	22,1 ab	18,2 b	27,9 ab	28,1 a	23,6 cd	19,7 a	51,4 a	16,9 fg	15,0 b-d	18,1 ab	14,2 a-c	24,6 ab	4,3 d
<i>S. gregaria</i>	19,1 ab	26,3 a-c	27,9 a	24,0 ab	16,5 b	27,9 ab	27,3 a	27,4 bc	16,4 a-c	39,6 ab	21,4 cd	11,9 cd	16,8 ab	12,2 c-e	27,1 ab	13,0 bc
<i>E. agrossistema</i>	17,9 ab	23,0 bc	12,7 a	27,6 a	14,6 b	26,8 ab	31,7 a	28,5 ab	12,6 bc	24,8 b	23,8 ab	17,2 bc	19,0 ab	13,1 b-d	18,6 b	14,1 bc
<i>Gl. clarum</i>	17,4 ab	29,2 a-c	9,84 a	26,2 ab	16,9 b	31,6 ab	33,6 a	31,7 a	17,3 ab	26,0 b	19,9 ce	19,1 b	21,0 a	11,6 de	17,5 b	21,8 a
<i>E. floresta</i>	15,1 ab	21,6 bc	12,2 a	23,5 ab	20,4 ab	32,1 a	32,7 a	26,6 b-d	11,6 c	24,5 b	16,0 g	16,1 b-d	17,2 ab	11,2 de	31,6 ab	8,1 cd
Controle	17,6 ab	19,8 bc	13,9 a	22,9 ab	17,3 b	29,9 ab	31,8 a	17,3 f	14,9 a-c	40,6 ab	25,0 a	9,97 d	17,8 ab	11,3 de	36,6 a	12,0 bc

...continua...

TABELA 7, Cont.

Fungos	Espécies arbóreas															
	ac	em	ar	hp	cc	fe	gr	ip	ma	mo	mu	pf	sa	ta	lr	cc
	----- Teor Zn mg/kg -----															
<i>S.pellucida</i>	18,1 c	21,5 a	11,2 a	20,1 bc	7,12 bc	11,7 a-c	31,6 a	29,9 e	13,8 a-c	9,09 b	10,6 e	13,6 a	8,67 b-d	18,2 e	15,8 ab	35,0 bc
<i>A. scrobiculata</i>	13,3 c	15,8 a-c	7,41 a	15,0 b-d	6,68 c	13,2 a-c	16,9 cd	46,7 bc	11,3 bc	13,3 a	21,7 a	7,91 bc	8,47 bcd	24,3 b-d	14,4 ab	17,4 bc
<i>E. colombiana</i>	23,2 a-c	14,4 bc	12,9 a	21,8 b	6,85 c	14,5 ab	21,5 b-d	36,0 d	16,9 a	11,3 ab	10,7 e	11,8 ab	10,1 ab	22,3 de	12,1 b	57,2 a
<i>G. gigantea</i>	14,7 c	15,4 a-c	13,4 a	13,8 cd	7,85 a-c	8,97 c	25,8 ab	46,3 bc	12,0 bc	9,91 b	10,1 ef	9,10 a-c	4,79 ef	24,7 b-d	16,9 ab	37,5 ab
<i>G. margarita</i>	36,8 a	18,9 bc	13,9 a	10,2 d	6,22 c	12,3 a-c	22,0 bc	48,8 ab	12,6 bc	11,0 ab	15,2 b	10,5 ab	7,24 c-e	24,4 b-d	16,7 ab	25,6 bc
<i>Gl. etunicatum</i>	32,1 ab	16,1 a-c	12,3 a	14,9 b-d	6,99 c	11,0 bc	17,0 cd	51,1 a	15,2 ab	10,0 b	16,7 e	10,9 ab	6,56 de	28,7 ab	13,9 ab	26,5 bc
<i>S. gregaria</i>	19,8 bc	15,4 a-c	13,7 a	12,9 cd	8,19 a-c	14,2 a-c	18,7 b-d	45,5 c	11,6 bc	9,07 b	11,2 de	9,40 a-c	8,78 b-d	31,9 a	13,4 ab	32,5 b
<i>E. agrossistema</i>	25,2 a-c	13,7 bc	12,6 a	19,6 bc	10,8 a	14,8 ab	21,9 b-d	31,1 e	11,9 bc	11,1 ab	12,6 cd	12,8 a	12,0 a	24,6 b-d	13,4 ab	34,2 b
<i>Gl. clarum</i>	25,7 a-c	16,6 a-c	12,5 a	14,7 b-d	10,6 a	15,9 ab	20,7 b-d	26,6 e	13,5 a-c	10,6 ab	13,4 c	11,8 ab	7,09 de	22,9 c-e	17,7 ab	54,2 a
<i>E. floresta</i>	18,9 bc	12,3 c	16,1 a	30,8 a	10,1 ab	14,8 ab	14,9 d	21,2 g	13,7 a-c	13,0 a	8,82 f	13,7 a	9,84 a-c	24,8 b-d	22,5 a	16,3 c
Controle	20,3 bc	11,6 c	16,1 a	11,4 d	9,10 a-c	16,5 a	15,9 cd	19,6 g	9,71 c	10,6 ab	13,0 c	5,28 c	3,22 f	28,2 a-c	14,9 ab	24,4 bc

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Os teores de K na parte aérea das plantas foram menos influenciados que os de N e P (Tabela 7). Verificou-se que cerca da metade das plantas não aumentaram o teor de K quando inoculadas. Entre as demais espécies houve efeito acentuado no cedro para os isolados *S. pellucida*, *A. scrobiculata*, *E. colombiana* e *Gl. clarum*. Não obstante, pode haver existido algum efeito de diluição ou concentração do nutriente decorrente do crescimento diferenciado das plantas (Jarrel & Beverly, 1981). Os teores mais elevados deste elemento foi observado para a moreira, constatando-se a mesma tendência verificada para o N, porém, a contribuição das micorrizas na melhoria da absorção deste elemento não deve ser descartada. No que se refere ao Ca, verificou-se efeito benéfico da micorrização na embaúba, ipê, maricá, pau ferro e tamboril. Na aroerinha não houve diferenças. Ao igual que para o N e K, a moreira foi a espécie que apresentou maior teor de Ca, o que significa que deficiência de alguns destes nutrientes pode comprometer o seu crescimento. A inoculação favoreceu o teor de Zn na maioria das espécies estudadas, porém de maneira pouco consistente. Na aroerinha não foram verificadas diferenças entre os tratamentos. A inconsistência de tais efeitos pode ser conseqüência das interações entre P, Zn e micorrizas que certamente varia entre espécies.

4.4 Trocas gasosas e uso da água

Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água variaram com o fungo nas diferentes espécies de plantas estudadas (Tabela 3A). Em açoita cavalo (Figura 8) não houve efeito da inoculação ($p \leq 0,05$) na transpiração, não obstante, verificaram os maiores resultados com *S. pellucida*, *Glomus etunicatum*, *Scutellospora gregaria* e isolados de floresta. Para este isolado, a alta transpiração esteve acompanhada de maior condutância estomática e taxa fotossíntese em relação ao controle. Estes parâmetros estiveram associados positivamente à condutância estomática o que

pode estar relacionado a um mecanismo de maior abertura estomática que manifesta em maiores valores de trocas gasosas. Ao analisar os resultados de eficiência do uso da água (EUA) tendem a ser maior para *S. pellucida* e *E. colombiana*, embora não significativos.

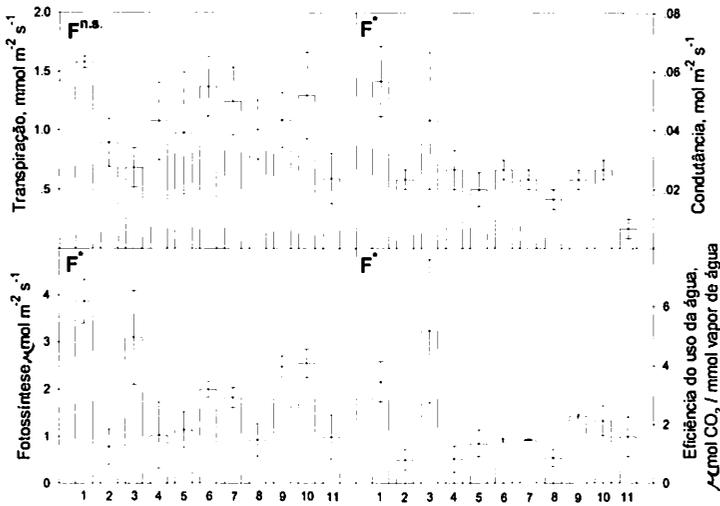


FIGURA 8. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para açaíta cavalo 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

Para embaúba (Figura 9) não verificou-se efeitos significativos da inoculação ($p \leq 0,05$) na transpiração, porém, a utilização de isolados do agrossistema, determinou aumentos significativos desta característica em relação ao fungo *E. colombiana*. A condutância estomática foi aumentada nos isolados *S. pellucida*, *A. scrobiculata*, e os isolados do agrossistema. A taxa de fotossíntese foi aumentada por *S. pellucida*, isolados de agrossistema e *Gl. clarum* apenas quando comparados com *E. colombiana*, não sendo por tanto diferentes aos demais tratamentos incluindo o controle. Para eficiência do uso da

água (EUA) verificou-se pouca variação entre os isolados sendo observado o menor resultado com *E. colombiana*, embora este não tenha sido estatisticamente diferente de *A. scrobiculata* e *G. margarita*. Para esta planta o fungo *E. colombiana* apresentou os menores resultados de trocas gasosas, não

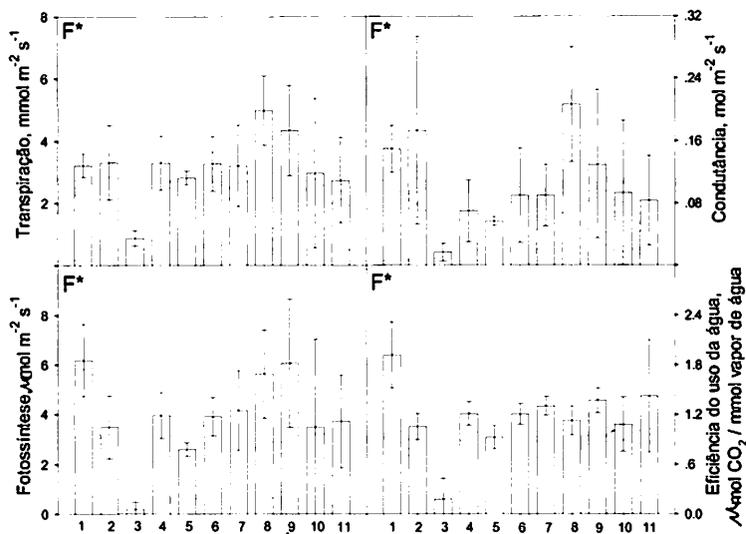


FIGURA 9. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para embaúba 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

obstante que a medida seja pontual, a inoculação com este fungo favoreceu a esta espécie arbórea nos incrementos de matéria seca da parte aérea, quando se utilizou este fungo, apresentando resultados positivos nas comparações com outros isolados. Provavelmente, este comportamento seja reflexo de algum mecanismo de compensação adotado por esta associação e que lhe confere grandes vantagens de sobrevivência e competição (Alarcón et al., 1998).

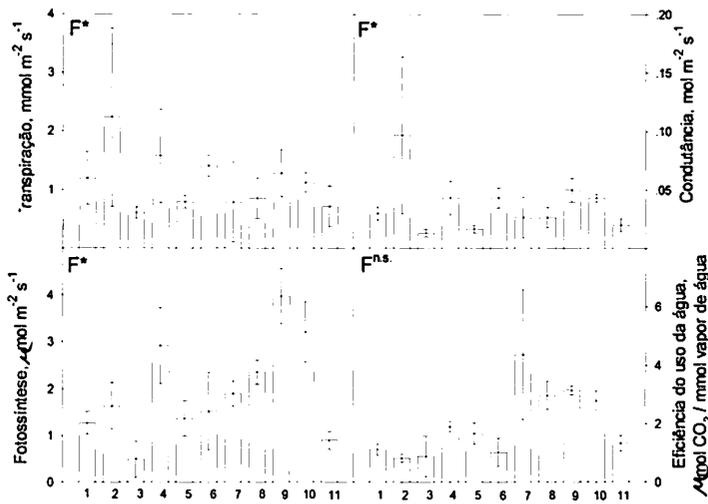


FIGURA 10. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para ipê amarelo 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrosistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

Tanto a transpiração quanto condutância estomática, no Ipê, foram aumentadas ($p \leq 0,05$) quando se inoculou com *A. scrobiculata* (Figura 10) sendo estes resultados comparativamente superiores ao controle, ao passo que para a fotossíntese os resultados foram diferentes. *G. clarum* promoveu maior taxa fotossintética que o controle, assim como também foi superior aos fungos *S. pellucida*, *E. colombiana* e *G. margarita*, ao mesmo tempo estes não apresentaram diferenças significativas em relação aos demais isolados. Para eficiência do uso da água, embora, não serem verificado diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os diversos tratamentos, *S. gregaria* apresentou o maior valor absoluto. É bom salientar que novamente o fungo *E. colombiana* determinou baixos valores de EUA nesta espécie de planta, porém os resultados observados na matéria seca foram satisfatórios. Na mutamba (Figura 11) a transpiração foi aumentada significativamente com *A. scrobiculata* quando ao se comparar com

o controle e os isolados *S. pellucida*, *Gl etunicatum*, os provenientes da floresta e *Gl. clarum*, ao passo que para condutância estomática não houve diferenças

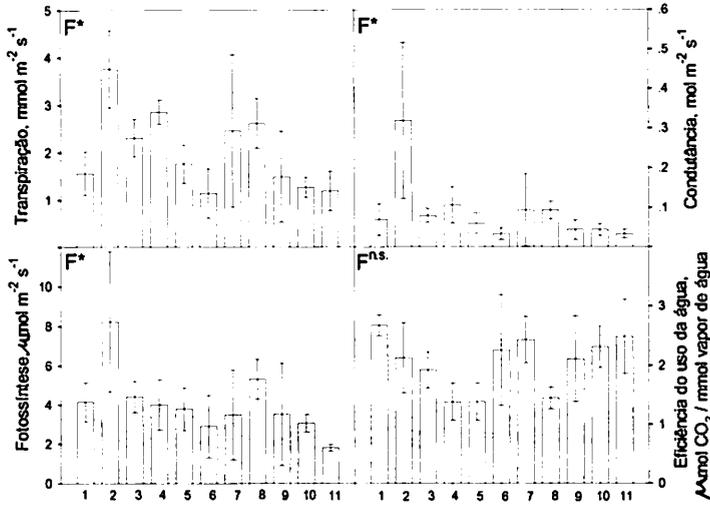


FIGURA 11. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para mutamba. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

marcantes nos diversos isolados utilizados, sendo apenas verificado significativamente maior valor com o uso de *A. scrobiculata* quando se compara aos demais tratamentos. A taxa fotossintética foi muito influenciada também com a inoculação com *A. scrobiculata*, sendo este resultado significativamente superior ao controle, como também aos isolados da floresta e *Gl. etunicatum*. Não houve diferenças significativas para eficiência do uso da água entre os isolados, então maior fotossíntese corresponde a maior consumo de água. Tudo parece indicar que a alta transpiração e taxa fotossintética observada está associada à elevada condutância estomática quando se inocula com *A. scrobiculata*, ao mesmo tempo este fato pode significar um dreno de

fotoassimilados a favor do fungo o qual se traduz em custo energético da planta para manter o simbionte.

No cedro (Figura 12, Tabela 3A) apenas *Gl. clarum* incrementou a transpiração em relação ao controle.

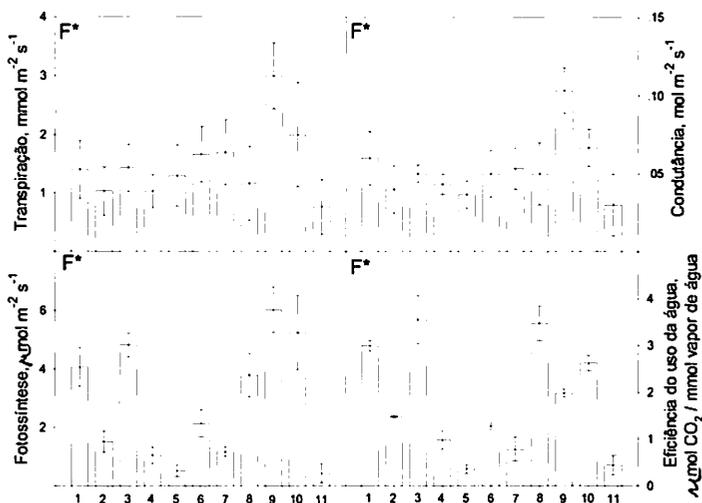


FIGURA 12. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para cedro. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

Ao passo que para a condutância estomática, além de *Gl. clarum* os isolados de floresta foram superiores ao controle, *A. scrobiculata*, *G. gigantea*, *G. margarita*, e *Gl. etunicatum*. Os resultados na fotossíntese revelam que *S. pellucida*, *E. colombiana*, *Gl. clarum* e isolados da floresta promoveram incrementos comparativamente superiores ao controle. Ao passo que na eficiência do uso da água os resultados favoreceram a isolados de agrossistema. Vale ressaltar que os mesmos fungos que incrementaram a fotossíntese também promoveram aumentos na matéria seca. No fedegoso a exceção de *A.*

scrobiculata e *S. gregaria* os isolados apresentaram taxa de fotossíntese significativamente

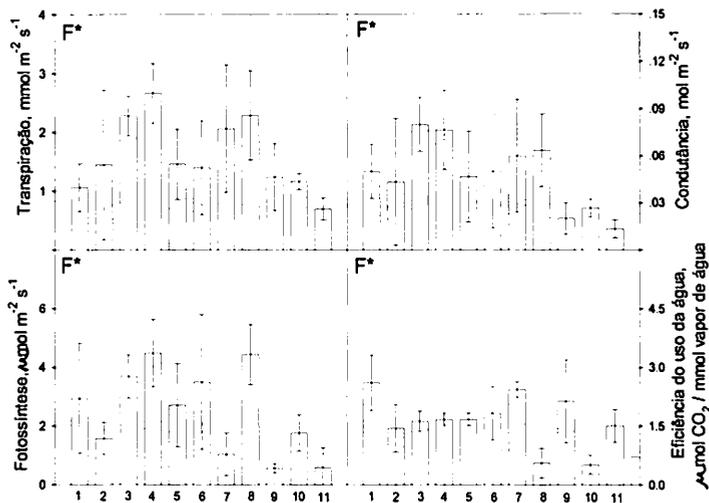


FIGURA 13. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para fedegoso. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

superiores ($p \leq 0,05$) ao controle não inoculado. Sobressaem *G. gigantea* e isolados de agrossistema com incrementos relativos de 87%. Ao passo que para condutância estomática e transpiração houve diferenças significativas em relação ao controle com *E. colombiana*, *G. gigantea*, *S. gregaria*, isolados de agrossistema e *Gl. clarum*. Vale ressaltar que os isolados que estimularam maiores taxas de fotossíntese no fedegoso, também promoveram maior produção de matéria seca na parte aérea, apesar do caráter pontual da medida, o que indica que neste caso a micorriza estimulou o processo fotossintético e como resultado a produção de biomassa vegetal (Sullivan et al., 1996; Ceulemans & Mousseau, 1994; Cooper, 1984).

Para cássia carnaval (Figura 14, Tabela 3A) a transpiração não revelou diferenças significativas na comparação dos tratamentos a exceção de *S. pellucida* e *G. margarita* que apresentaram resultados inferiores ao controle. Para condutância estomática não foram verificadas diferenças significativas, porém o controle apresentou os elevados resultados comparados aos demais tratamentos.

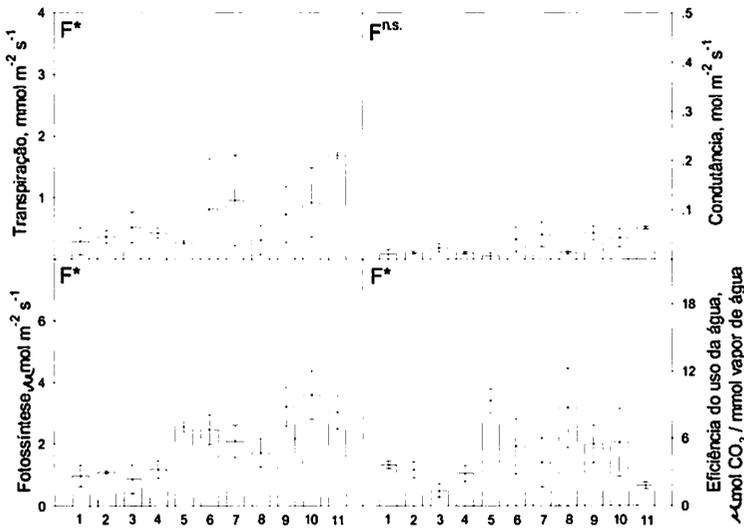


FIGURA 14. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para cássia carnaval. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

Ao passo que a fotossíntese, foi comparativamente igual para todos os tratamentos, sendo encontradas apenas diferenças na comparação dos isolados de floresta e *E. colombiana*, favoráveis aos primeiros. Na eficiência do uso da água a diferença dos tratamentos também foi pouca, sendo que apenas *E. colombiana* apresentou menor valor que *G. margarita*. Na figura 15 observa-se que a moreira não apresentou efeito para os tratamentos na transpiração, sendo

que na condutância apenas *A. scrobiculata* foi superior ao controle não inoculado. Nos resultados de fotossíntese e eficiência do uso da água não foram observados diferenças entre os diversos tratamentos.

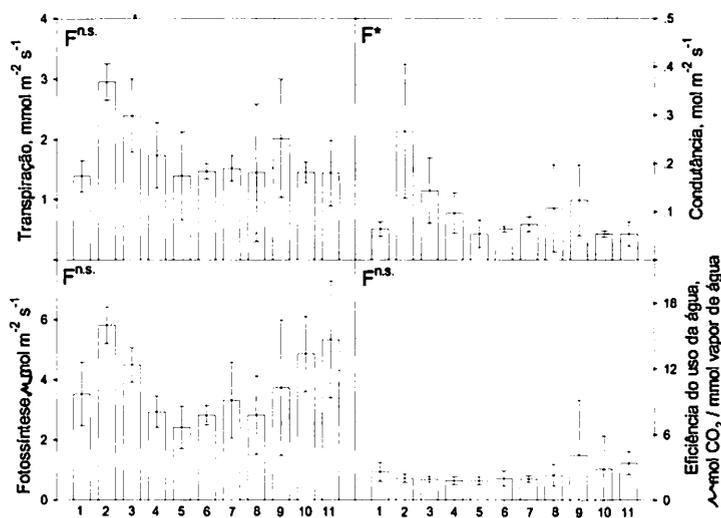


FIGURA 15. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para moreira. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

Para tremá (Figura 16) *S. pellucida*, *Gl. etunicatum* e isolados de floresta estimularam maior transpiração em relação ao controle, ao passo que a condutância foi incrementada pela inoculação em todos os casos ao se comparar ao controle, sendo que em *S. pellucida* e *E. colombiana* foi maior que nos demais tratamentos. A taxa fotossintética foi aumentada, em relação ao controle, por todos os isolados a exceção de *A. scrobiculata*, *G. gigantea*, *G. margarita*, e oriundos de agrossistema, não sendo verificadas diferenças para eficiência do uso da água.

Para aroerinha (Figura 17) apenas *G. gigantea* e os FMAs de agrossistema aumentaram significativamente a transpiração ($p \leq 0,05$) em relação ao controle. Como se observa nesta figura 17 o resultado de transpiração, apresentado por este fungo, está associado a uma alta condutância estomática, já

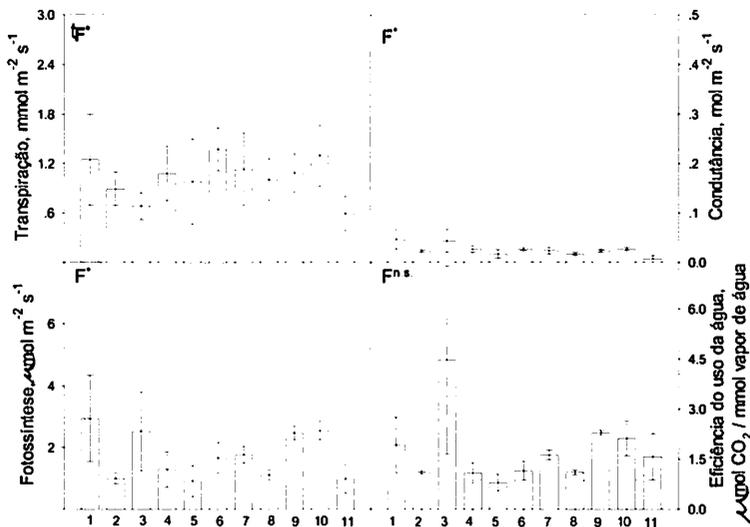


FIGURA 16. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para tremela. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus. clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

os do agrossistema não diferem do controle. Na fotossíntese os tratamentos não exerceram efeitos significativos. Para eficiência do uso da água *S. pellucida* apresentou resultados superiores ao controle.

No sabiá (Figura 18) a transpiração foi aumentada por *Gl. etunicatum* e *G. margarita*, embora os resultados não foram significativos. Este fungo apresentou resultados estatisticamente superiores ao controle. A inoculação com.

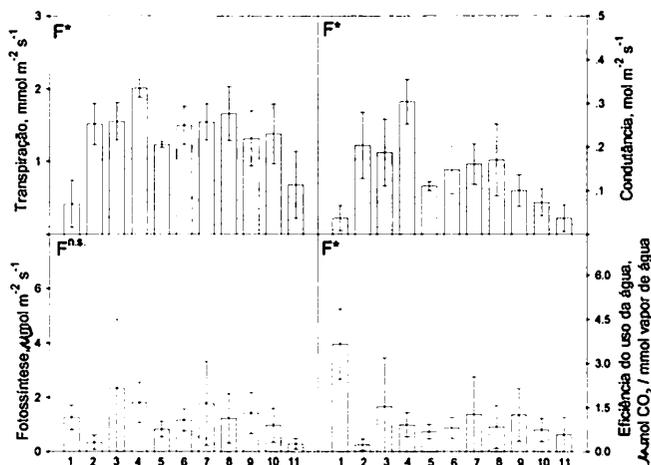


FIGURA 17. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para aroeira. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

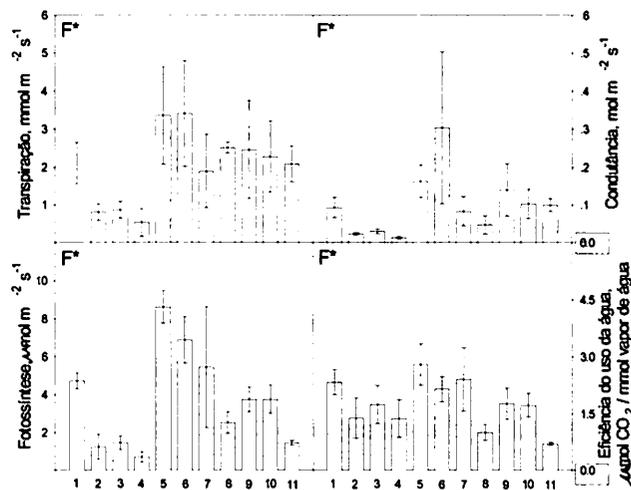


FIGURA 18. Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência do uso da água sobre o efeito de inoculação ou não com fungos micorrízicos arbusculares para sabiá. 1- *Scutellospora pellucida*, 2- *Acaulospora scrobiculata*, 3- *Entrophospora colombiana*, 4- *Gigaspora gigantea*, 5- *G. margarita*, 6- *Glomus etunicatum*, 7- *Scutellospora gregaria*, 8- isolados do agrossistema, 9- *Glomus clarum*, 10- isolados da floresta, 11- Controle. Barras representam as médias com seu erro padrão.

G. margarita, *S. gregaria* e isolados de floresta aumentaram significativamente a condutância em relação aos outros isolados porém não diferiu do controle. Ao passo que a taxa fossintética foi incrementada com *G. margarita* em relação ao controle. Para eficiência do uso da água não houve diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamentos.

4.5 Considerações finais

O 90% dos valores médios de condutância estomática observados nas diferentes espécies ficaram entre $0,03 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ até $0,3 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Deve-se destacar que existiram algumas combinações fungo-planta com resultados muito baixos com $0,01 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Valores de condutância estomática na faixa de $0,08$ - $0,10 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. tem sido observado em algumas árvores tropicais (Langenheim et al., 1984 citado por Robert et al., 1990). Os maiores valores de condutância estomática já observados em diferentes espécies estiveram por volta $1,2 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e foram detectados em *Gmelina arborea* e *Tectona grandis* numa estação chuvosa (Grace et al., 1982 citados por Robert et al., 1990).

Relacionando a taxa de fixação de CO_2 (fotossíntese) e condutância estomática de plantas inoculadas, verificou-se relações inversas destes parâmetros para algumas das espécies. Em açoita cavalo a taxa de fotossíntese, embora não apresenta diferenças significativas em relação ao controle ($p \leq 0,05$), esta foi superior com a inoculação com *S. pellucida*, *E. colombiana*, *Gl. clarum* e isolados de floresta. Por outra parte para condutância estomática, apenas *S. pellucida* apresentou valor significativamente superior ao controle. Os resultados observados nos demais fungos foram diferentes. Sendo assim pode-se afirmar que *E. colombiana*, *Gl. clarum* e isolados de floresta apresentaram elevada fotossíntese com menor abertura estomática, não assim em *S. pellucida* que aumentou ambas as características. De igual maneira, como em açoita-

cavalo ocorreu para embaúba com *G. gigantea* e *G. margarita*, na cássia carnaval com *G. margarita*, tendências similares foi observada no sabiá quando inoculado com *Gl. etunicatum*, isolados de agrosistema e *Gl. clarum*, o seja, para estas combinações planta-fungos foram observadas maior taxa de fotossíntese ao tanto que a abertura dos estômatos foi menor, ao mesmo tempo que no controle sem inocular para estas espécies arbóreas teve aumentos de abertura estomática com menores taxa de fotossíntese. Isto significa um estímulo à fotossíntese e abertura estomática indicando eficiência na captação de CO₂ e uso da água por parte da micorriza, pois parece que a simbiose regula a abertura dos estômatos (ou talvez sua distribuição na folha) de tal modo que reduz a perda de água com o fechamento ou menor abertura estomática, mas compensa a restrição da difusão do CO₂ para a realização da fotossíntese com um incremento da eficiência de carboxilação aumentando a capacidade de captação de CO₂ pela atividade rubisco, enzima que pode ser sintetizada em maior proporção pela célula, ao ser provida de P pela funcionalidade da micorriza, em comparação com a testemunha (Alarcón et al., 1998).

5 CONCLUSÕES

- As dezesseis espécies vegetais estudadas apresentaram comportamento diferenciado em relação à susceptibilidade à colonização micorrízica por oito isolados e duas populações mistas;
- Os isolados *S. pellucida*, *E. colombiana*, *G. margarita*, *S. gregária*, *Gl. clarum* e aqueles oriundos de agrossistema colonizaram todas as plantas, enquanto os isolados *A. scrobiculata*, *G. gigantea*, *Gl. etunicatum*, *S. gregária*, e oriundos da floresta deixaram de colonizar ao menos uma planta;
- A promiscuidade micotrófica das espécies vegetais variou de apenas 20% para o tamboril, a mais restritiva, a 90% para embaúba e a. cavalo, as mais generalistas. As demais apresentaram com valores intermediários;
- Apenas *Glomus clarum* foi eficiente para todas as dezesseis espécies estudadas, enquanto *Acaulospora scrobiculata* foi a mais restrita beneficiando apenas a mutamba e o ipê;
- Os efeitos da inoculação, nos teores de N e P, foram inconsistentes dentre as espécies, sendo estes ausentes em açoita-cavalo, embaúba e moreira. Os demais nutrientes foram pouco influenciados e com efeitos inconsistentes;
- A micorrização de açoita-cavalo, embaúba, c. carnaval e sabiá com alguns fungos favoreceu a fotossíntese com menor abertura estomática, indicando eficiência na captação de CO₂ e uso da água;
- Por apresentar ampla compatibilidade com os fungos micorrízicos arbusculares, as espécies a. cavalo, embaúba, c. carnaval e gravitinga são as mais indicadas para restauração ambiental em áreas degradadas;

- Por comportaram-se como generalistas em relação aos hospedeiros os fungos *Gl. clarum*, *E. colombiana*, *S. pellucida* e *Gl. etunicatum* são os mais recomendados para a introdução em programas de reflorestamentos com espécies nativas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOT, L. K.; ROBSON, A. D. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal in agriculture and selection of fungi for inoculation. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 33, n. 2, p. 389-408, 1982.

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D.; DE BOER, G. The effect of phosphorus on the formation of hyphae on soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. **New Phytologist**, Oxford, v. 97, n. 3, p. 437-446, July 1984.

ABRAMS, M. D.; MOSTOLLER, S. A. Gas exchange, leaf structure and nitrogen in contrasting successional tree species growing in open understory sites during drought. **New Physiology**, Victoria, v. 15, n. 6, p. 361-370, June 1995.

ALARCÓN, A.; FERREIRA-CERRATO; VILLEGAS, A. M.; ALMARAZ, J. J. Efeito de la imbiosis micorrízica em la fotossíntese de *Citrus volkameriana* Tan & Pasq. In: R. ZULUETA, M. A. ESCALONA, D. TREJO (Ed.). **Avances de la micorrización micorrízica em México**. Xalapa: Universidad Veracruzana, 1998. p.119-126.

ALEGRE, H. K. P. Evolução das pesquisas em reabilitação de áreas degradadas na mineração do Xisto no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1984. p. 135-139.

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 B Biological Science**, London, v. 335, n. 1275, p. 379-388, Mar. 1992.

ALLEN, E. B.; ALLEN, M. F. The mediation of competition by mycorrhizae in successional and patchy environments. In: GRACE, B.; TIMAN, D. (Ed.).

Perspectives on plants competition. Harcourt Brace Jovanovich: J. Academic Press, 1990. p. 367-389.

ALLEN, E. B.; ALLEM, M. F. natural reestablishment of vesicular-arbuscular mycorrhizae following strip-mine reclamation in Wyoming. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 17, n. 1, p. 139-147, Apr. 1980.

AMIJEE, F.; TINKER, P. B.; STRIBLEY, D. P. The development of endomycorrhizal root system VII. A. detailed study of effects of soil phosphorus on colonization. **The New Phytologist**, Oxford, v. 111, n. 3, p. 435-446, Mar. 1989.

AZIZ, T.; HABTE, M. Determining vesicular-arbuscular mycorrhizal effectiveness by monitoring P status of leaf disk. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 33, n. 12, p. 1097-1101, Dec. 1987.

BALDOCHI, P. D.; VERNA, S. B.; ANDERSON, D. E. Canopy photosynthesis and water-use-efficiency in a deciduous forest. **Journal of applied Ecology**, Oxford, v. 24, n. 1, p. 251-260, Apr. 1987.

BETHENFALVAY, G. J.; NEWTON, W. E. Agro-ecological aspects of the mycorrhizal, nitrogen-fixing legume symbiosis. In. KEISTER, D. L.; CREAGAN, P. B. (Ed.). **The rhizosphere and plant growth**. Bonn: Kluwer Academic, 1991. p. 349-354.

BLANCHARD, R. W.; REHM, G.; CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acid. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v. 29, n. 1, p. 71-72, Jan. 1965.

BOLAN, N. S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 134, n. 2, p. 189-207, July 1991.

BREMNER, J. M.; EDWARDS, H. P. Determination and isotope ratio analyses of different forms of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for determination and determination for ammonium. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v. 29, n. 5, p. 504-507, Sept./Oct. 1965.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, Turrialba, v. 15, n. 1, p. 40-42, ene./mar. 1965.

CARNEIRO, M. A C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A C.; GOMES, L. J.; CURI, N. VALE, F. R. Do. Fungo micorrízico e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 50, p. 21-36, dez. 1996.

CEULEMANS, R.; MOUSSEAU, M. Effects of elevated atmospheric CO₂ on woody plants, **New Phytologist**, Cambridge, v. 127, n. 3, p. 425-446, 1994.

COPPER, K. M. Physiology of VA mycorrhizal associations. In: POWELL, C. L.; BAGYARAJ, D. J. (Ed.) **VA Mycorrhiza**. Boca Raton: CRC Press, 1984. Cap. 8, p. 155-189.

CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. Diversity of Glomalean spores from natural disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v. 30, n. 6, p. 711-719, July, 1998.

DAVIDE, A C.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A **Propagação de espécies florestais**. Belo Horizonte: CEMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 40 p.

DHILLION, S. S. Evidence for host mycorrhizal preference in native grassland species, **Mycological Research**, New York, v. 96, n. 5, p. 359-362, May 1992b.

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 1992a.

DIXON, R. A.; HARRISON, M. J. Activation, structure and organization of genes involved in microbial defense in plants. **Advances in Genetics**. New York, v. 28, p. 165-234, 1990. —

DODD, J. C. Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. **Geoderma**, Amsterdam, v. 104, n. 3/4, p. 345-346, Oct. 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2000. 412 p.

FAY P.; MITCHELL D. T.; OSBORNE B. A. Photosynthesis and nutrient-use efficiency of barley in response to low arbuscular mycorrhizal colonization and addition of phosphorus. **New Phytologist**, Cambridge, v. 132, n. 3, p. 425-433, Mar. 1996.

FISCHER, C. R.; JANOS, D. P.; PERRY, D. A.; LINDERMAN, R. G.; SOLLINS, P. Mycorrhiza Inoculum Potentials in Tropical Secondary Succession. **Biotrópica**, St. Louis, v. 26, n. 4, p. 369-377, Dec. 1994.

FLORES-AYLAS, W. W. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta: efeito de micorriza e de fósforo**. 1999. 81 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FOX, J. E. D. Rehabilitation of mined lands. **Forestry Abstracts**, Farnham Royal, v. 45, n. 9, p. 565-600, Sept. 1984.

FRANCIS, R.; READ, D. J. The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, n. 1, p. 11-25, Feb. 1994.

FURLAN, V.; FORTIN, J. A.; PLENCHETE, C. Effects of different vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Fraxius americana*. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 13, n. 4, p. 589-593, Apr. 1983.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v. 46, n. 2, p. 235-244, June 1963.

GIANINAZZI-PEARSON, V.; AZCÓN-AGUILAR, C. Avances recientes en el estudio de las micorrizas VA, II. Fisiología de las micorrizas vesículo-arbusculares. **Anales de Edafología y Agrobiología**, Granada, v. 43, n. 5/6, p. 175-198, 1984.

GIANINAZZI-PEARSON, V.; GIANINAZZI, S.; TROUVELOT, A. Evaluation of the infectivity and effectiveness of indigenous vesicular arbuscular fungal populations in some agricultural soils in Burgundy. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 63, n. 3, p. 1521-1524, Mar. 1985.

GIOVANNETTI, M.; HEPPER, C. M. Vesicular-mycorrhizal infection in *Hedysarum coronarium* and *Onobrychis viciaefolia*: host-endophyte specificity. **Soil Biology Biochemisstry**, Oxford, v.17, n. 6, p. 899-900, 1985.

GIOVANNETTI, M.; 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.

GÓMEZ-POMPA, A. Posible papel de la vegetación secundaria en la evolución de la flora tropical. **Biotrópica**, St. Louis, v. 3, p. 1125-135, 1971.

HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. **Mycorrhizal symbiosis**. 2. ed. New York: Academic Press, 1984. 483 p.

HAYMAN, D. S. Practical aspects of vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: SUBBA RAO, N. S. (Ed.). **Advances in Agricultural Microbiology**. 1982. p. 325-373.

HABTE, M.; MANJUNATH, A. Categories of vesicular-arbuscular dependency of host species. **Mycorrhiza**, Heidelberg, v.1, n.1, p.3-12, 1987.

HERRERA, R. A.; RODRÍGUEZ, M. E.; OROZCO, M. O.; FURRAZOLA; FERRER, R. L. Las micorrizas y el funcionamiento de los bosques tropicales. In: HERRERA, R. (Ed). **Ecología de los bosques siempreverdes de la Sierra del Rosario, Cuba: Proyecto MAB n. 1, 1974-1987**. 1988. p. 627-670.

HERRERA, R. A.; ULLOA, D. R.; VALDÉS-LAFONT, O.; PRIEGO, A. G.; VALDÉS, A. R. Ecotechnologies for the sustainable management of tropical forest diversity. **Nature & Resource**, Carnforth Lancashire, v. 33, n. 1, p. 1-17, 1997.

HINCKLEY, T. M.; BRAATNE, J. H. Stomata. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Plant enviromental interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. p. 323-355.

HOAGLAND, O. R.; ARNON, O. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. California: California Agricultural Experimental Station, 1950. 32 p. (Circular, 37).

INGLEBY, K.; DIAGNE, O.; DEANS, J. D.; LINDLEY, D. K.; NEYRA, M. E DUCOUSSO, M. Distribution of roots, arbuscular mycorrhizal colonisation and spores around fast-growing tree species in Senegal. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 90, n. 1, p. 19-27, July 1997.

JANOS, D. P. Mycorrhizae influence tropical succession. **Biotropica**, St. Louis, v. 12, n. 1, p. 56-64, Mar. 1980.

JANOS, D. P. Mycorrhizal fungi: agents or symptoms of tropical community composition? In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 6., 1985, Covallis. **Proceeding....** Corvallis: Forest Research Laboratory, 1985. p. 98-103

JANOS, D. P. Mycorrhizas, succession and rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J. C.; GADD, G. M. (Ed.). **Fungi and environmental change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 1-18. (British Mycological Society Symposium, v. 20)

JANOS, D. P. Las micorrizas vesículo-arbusculares y su influencia en la sucesión tropical: extensión del modelo y su importancia para las aplicaciones prácticas. In: REUNIÓN DE LA SOCIEDAD LATINOAMERICANA DE MICORRIZÓLOGOS, 1., 1988, La Habana. **Programa y Resúmenes...** La Habana: SOLAM, 1988. p. 12-27.

JASPER, D. A. Management of mycorrhizas in revegetation. In: ROBSON, A. D.; ABBOTT, L. K.; MALAJAZUK, N. (Ed.). **Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry**. Netherlands: Kluwer Academy Publishers, 1994. p. 211-119.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Soil disturbance in native ecosystems – the decline and recovery of infectivity of VA mycorrhizal fungi. In: READ, D. J.; LEWIS, D. H.; FITTER, A. H.; ALEXANDER, I. J. (Ed.). **Mycorrhizas in ecosystems**. Wallingford: CAB International, 1992. p. 151-155.

KAGEYAMA, P. Y.; BIELLA, L. C.; PALERMO, A. Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção à reservatórios. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. p. 109-112.

KIAN, O. H.; AWANG, K.; HASHIM, A.; MUHAMAD, N. M. Effects of fertilizers and vesicular-arbuscular mycorrhizas on the growth and photosynthesis of *Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs seedlings. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 158, n. 1/3, p. 51-58, Mar. 2002.

KLIRONOMOS, J. N.; KENDRICK, W. B. Research on mycorrhizas: trends in the past 40 years as expressed in the "MYCOLIT" database. **New Phytologist**, Cambridge, v. 125, n. 3, p. 595-600, Nov. 1993.

KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **The New Phytologist**, Cambridge, v. 117, n. 3, p. 365-386, Mar. 1991.

KOIDE, R. T.; SCHREINER, R. P. Regulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 43, p. 557-581, 1992.

KORMANIK, P. P.; BRYAN, W. C.; SCHULTZ, R. C. Effects of three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on sweetgum seedling from nine mother trees. **Forest Science**, Washington, v. 27, n. 2, p. 327-335, June 1981.

LAMBAIS, M. R. Aspectos bioquímicos e moleculares da relação fungo-planta em micorrizas arbusculares. In. SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS/DCF, 1996. p. 5-38.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 195. 839 p.

LIAO, C. F.H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, n. 5, p. 852-855, Sept./Oct. 1981.

LORENZI, H. **Arvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 352 p.

MANJUNATH, A.; HABTE, M. Establishment of soil solution P levels for studies involving vesicular-arbuscular mycorrhizal symiosis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 21, n. 7/8, p. 557-556, May 1990.

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

MILLER, R. M.; McGONIGLE, T.; ADDY, H. Na economic approach to evaluate the role of mycorrhizas in managed ecosystem. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, n. 1, p. 27-35, Feb. 1994.

MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H. K.; BAGYARAJ, D. J. Agriculture intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of the mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 77-85, July 1997.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 31-36, 1962.

NEMEC, S. , J. A.; MENGE, R. G.; PLATT; JOHNSON, E. L. V. Vesicular-arbuscular micorrhizal fungi associated with citrus in Florida and California and notes on their distribution and ecology. **Mycologia**, New York, v. 73, n. 1, p. 112-127, Jan./Feb. 1981.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R; MELLO, J.M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.2, p.159-174. 1994.

PARON, M. E.; SIQUEIRA, J. O. CURI, N. Fungo micorrízico, fósforo, e nitrogênio no crescimento inicial da trema e do fedegoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 4, p. 567-574, out./dez. 1997.

PEREIRA, J. S. Gas exchange and growth. In: Shulte, ed. Caldwell, M. M. (Ed.). **Ecophysiology of Photosynthesis**. Berlin: Springer-Velag, 1995. p. 147-181.

PERRY, D. A.; AMARANTHUS, M. P.; BORCHERS, J. G.; BRAINE, R. E. Bootstrapping in the ecosystems. **Bioscience**, Washington, v 39, n. 4, p. 230-237, Apr. 1989.

- PERRY, D. A.; MOLINA, R.; AMARANTHUS, M. P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 17, n. 8, p. 929-940, Aug. 1987.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. . Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 55, n. 8, p. 158-161, Aug. 1972.
- POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 103-114, jan. 2000.
- POWELL, C. L.; BAGYARAJ, D. J. **VA Mycorrhiza**, Boca Raton: CRC Press, 1984. 234 p.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Cres/Potafos, 1991. 343p.
- RAYNSKOV, S.; JAKOBSEN, I. Functional compatibility in arbuscular mycorrhizas measured as hyphal P transport to the plant. **New Phytologist**, Cambridge, v. 129, n. 4, p. 611-618, Apr. 1995.
- ROBERT, J.; CABRAL, O. M. R.; AGUIAR, L. F. Stomatal and boundary-layer conductances in an Amazonian Terra Firme rain forest. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 27, n. 1, p.336-353, Apr. 1990.
- ROGERS, J. B.; CHRISTIE, P.; LAIDLAW, A. S. Some evidence of host specificity in arbuscular mycorrhizas. **Pedosphere**, n. 4, p. 377-381, 1994.
- SAFIR, G. R. **Ecophysiology of VA mycorrhizal plants**. Boca Raton: CRC Press, 1987. 224 p.
- SAFIR, G. R.; BOYER, J. S.; GERDEMANN, J. W. Mycorrhizal enhancement of water transport in soybean, **Science**, London, v. 172, p. 58, 1971.
- 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. Cap. 8, p. 203-254.

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, Mar. 1993.

SANDERS, I. R.; CLAPP, J. P.; WIEMKEN, A. The genetic diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in natural ecosystems – a key to understanding the ecology and functioning of mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist*, Cambridge, v. 133, n. 1, p. 123-134, May 1996

SANDERS, I. R.; FITTER, A. H. The ecology and functioning of vesicular arbuscular mycorrhizas in co-existing grassland species. 1. Seasonal patterns of mycorrhizal occurrence and morphology. *New Phytologist*, Cambridge, v. 120, n. 4, p. 517-524, Apr. 1992

SCHENCK, N. C.; KINLOCH, R. A. Incidence of mycorrhizal fungi on six field crops in monoculture on a newly cleared woodland site. *Mycologia*, New York, v. 72, p. 445-456, May/June 1980.

SETZER, A. W.; PEREIRA, M. C. Amazonia biomass burning in 1987 and an estimate of their tropospheric emissions. *Ambio*, Stockholm, v. 20, n. 1, p. 19-22, Feb. 1991.

SIEVEERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystem.** Germany: GTZ, 1991. 371 p.

SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.; CURTI, N.; ROSADO, S. C. S.; DAVIDE, A. C. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 107, n. 1/3, p. 241-252, Aug. 1998.

SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1499-1506, dez. 1989.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas.** Lavras: MEC/ESAL/FAEPE, 1988. 236 p.

SIQUEIRA, J. O.; HUBBELL, D. H.; VALLE, R. R. Effects of phosphorus on formations of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 19, n. 12, p. 1465-1474, dez. 1984.

SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG-FILHO, O. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H. V.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 235-264.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 142 p.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN-JUNIOR, O. J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of Brazilian native wood species. **Mycorrhiza**, New York, v. 11, n. 5, p. 245-255, Oct. 2001.

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

SMITH, S. Arbuscular mycorrhizas: physiology and function **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 33, n. 11, p. 1575-1576, Sept. 2001.

SPAIN, J. L.; MIRANDA, J. C. *Glomus brasilianum*: an ornamented species in the Glomaceae. **Mycotaxon**, Ithaca, v. 60, p. 137-142, Oct./Dec. 1996a.

SPAIN, J. L.; MIRANDA, J. C. *Scutellospora cerradensis*: an ornamented species in the Gigasporaceae (Glomales) from the Cerrado region of Brazil. **Mycotaxon**, Ithaca, v. 60, p. 129-136, Oct./Dec. 1996b.

St. JOHN, T. V.; COLEMAN, D. C. The role of mycorrhizae in plant ecology. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 61, n. 3, p. 1005-1014, Mar. 1983.

STÜRMER, S. L.; BELLEI, M. M. Composition and seasonal variation of spore populations of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v. 72, n. 3, p. 359-363, Mar. 1994.

SULLIVAN, N. H.; BALSTAD, P. V.; VOSE, J. M. Estimates of net photosynthetic parameter for twelve tree species in mature forest of the southern Appalachians. **Tree Physiology**, Victoria, v. 16, n. 4, p. 397-406, Apr. 1996.

THE WORLD RESOURCES INSTITUTE (WRI). **World Resources 1990-91**. New York: Oxford University Press, 1990. 48 p.

TRUFEM, S. F. B. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares da mata tropical úmida da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Carlos, v. 4, n. 2, p. 31-45, maio/ago. 1990.

VIANA, V. M. **Tópicos em ciências florestais**. Piracicaba: Departamento de Ciências Florestais- ESALQ/USO, 1990. . 43 p.

WHITMORE, T. C. The influence of tree population dynamics on forest species composition. In: DAVY, A. J.; HUTCHINGS, M. J.; WATKINSON, A. R. **Plant population ecology**. Oxford: Blackwell, 1988. p. 271-291.

ZAK, J. C.; WILLING, M. R.; MOORHEAD, D. L.; WILDMAN, H. G. Functional diversity of microbial communities a quantitative approach. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 1101-1108, Sept. 1994.

ZANGARO, W.; BONONI, V. L. R.; TRUFEM, S. B. Mycorrhizal dependency, inoculum potential and habitat preference of native woody species in South Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 603-622, July 2000.

ZAROSKY, R. J.; BURAU, R. G. A rapid nitric perchloric acid digestion method for multi element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 8, n. 5, p. 425-436, 1977.

ANEXOS

ANEXO A

	Página
TABELA A1 Índice de amplitude de eficiência (IAE _f) simbiótica dos fungos.....	84
TABELA A2 Índice de promiscuidade micotrófica (IPMp) para cada espécie de planta e isolados fúngicos com os que obteve o benefício.....	85
TABELA A3 Transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência o uso da água nas espécies de plantas e tratamentos fúngicos.....	86

TABELA 1A. Índice de amplitude de eficiência (IAE_f) simbiótica dos fungos.

Fungos	IAE, %	Espécies beneficiadas
<i>Gl. clarum</i>	100	Todas as 16 espécies
<i>E. colombiana</i>	88	Todas, exceto maricá e tamboril
<i>S. pellucida</i>	81	Todas, exceto c. carnaval, fedegoso e trema
<i>Gl. etunicatum</i>	81	Todas, exceto ipê, tamboril e cedro
<i>G. margarita</i>	75	Todas, exceto aroerinha, maricá, tamboril e cedro
Isolados de agrosistema	63	açoita cavalo, embaúba, bico de pato, cássia carnaval, fedegoso, gravitinga, ipê, p.ferro trema e cedro
Isolados de Floresta	44	açoita cavalo, embaúba, fedegoso, ipê, moreira, mutamba e sabia
<i>G. gigantea</i>	38	açoita cavalo, embaúba, c. carnaval, fedegoso, gravitinga e sabia
<i>S. gregaria</i>	31	embaúba, b. pato, c. carnaval, moreira e trema
<i>A. scrobiculata</i>	13	mutamba e ipê

TABELA 2A. Índice de promiscuidade micotrófica (IPMp) para cada espécie de planta e isolados fúngicos com os que obteve o benefício.

Planta	Índice, %	Espécies beneficiadoras
Embaúba	90	Todas, exceto <i>A. scrobiculata</i>
Açoita cavalo	90	Todas, exceto <i>S. gregaria</i>
C. carnaval	80	Todas exceto isolados de floresta e <i>A. scrobiculata</i>
Gravitinga	80	Todas, exceto <i>S. gregaria</i> e isolados de floresta
Bico de Pato	70	Todas, exceto isolados de floresta, <i>G. gigantea</i> e <i>A. scrobiculata</i>
Fedegoso	70	Todas, exceto <i>S. pellucida</i> , <i>S. gregaria</i> e <i>A. scrobiculata</i>
Moreira	70	Todas, exceto isolados de agrossistema, <i>G. gigantea</i> e <i>A. scrobiculata</i>
Sabiá	70	Todas, exceto isolados de agrossistema, <i>S. gregaria</i> e <i>A. scrobiculata</i>
Ipê	60	Todas, exceto <i>Gl. etunicatum</i> , <i>G. gigantea</i> , <i>S. gregaria</i> e <i>A. scrobiculata</i>
Mutamba	60	Todas, exceto isolados de agrossistema, <i>G. gigantea</i> , <i>S. gregaria</i> e <i>A. scrobiculata</i>
Pau ferro	60	<i>Gl. clarum</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>S. pellucida</i> , <i>G. margarita</i> , isolados de agrossistema e <i>Gl. etunicatum</i>
Trema	60	<i>Gl. clarum</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>Gl. etunicatum</i> , <i>G. margarita</i> , <i>S. gregaria</i> e isolados de agrossistema
Cedro	40	<i>Gl. clarum</i> , <i>E. colombiana</i> , <i>S. pellucida</i> e isolados de agrossistema
Aroerinha	30	<i>Gl. clarum</i> , <i>E. colombiana</i> e <i>Gl. etunicatum</i>
Maricá	30	<i>Glomus clarum</i> , <i>S. pellucida</i> , <i>Gl. etunicatum</i>
Tamboril	20	<i>Gl. clarum</i> e <i>Scutellospora pellucida</i>

TABELA 3A. Transpiração, condutância estomática e fotossíntese nas espécies de plantas e tratamentos fúngicos. 1-açoita cavalo; 2-embaúba; 3-aroerinha; 4-cássia carnaval; 5-fedegoso; 6-ipê; 7-moreira; 8-mutamba; 9-sabiá; 10- trema; 11- cedro.

Fungos	Espécies/Plantas										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	----- Transpiração, mmol m ⁻² s ⁻¹ -----										
S.pellucida	1,58 a	3,23 ab	0,41 c	0,29 b	1,1 bc	1,20 abc	1,39 a	1,56 b	2,11 abc	1,25 a	1,38 ab
A. scrobiculata	0,89 a	3,31 ab	1,51 ab	0,36 ab	1,4 bc	2,24 a	2,95 a	3,76 a	0,81 c	0,89 abc	1,02 b
E. colombiana	0,68 a	0,86 b	1,55 ab	0,51 ab	2,3 a	0,61 bc	2,40 a	2,31 ab	0,87 bc	0,68 bc	1,41 ab
G. gigantea	1,08 a	3,31 ab	2,00 a	0,42 ab	2,7 a	1,58 ab	1,73 a	2,85 ab	0,54 c	1,08 ab	1,05 b
G.margarita	0,98 a	2,82 ab	1,23 abc	0,28 b	1,5 abc	0,80 bc	1,39 a	1,76 ab	3,36 ab	0,98 ab	1,29 ab
Gl. etunicatum	1,37 a	3,28 ab	1,50 ab	0,81 ab	1,4 bc	1,41 ab	1,47 a	1,14 b	3,41 a	1,37 a	1,66 ab
S. gregaria	1,25 a	3,21 ab	1,54 ab	0,96 ab	2,1 ab	0,79 bc	1,52 a	2,45 ab	1,90 abc	1,13 ab	1,70 ab
E. agrossistema	1,01 a	4,97 a	1,66 a	0,31 ab	2,3 a	0,86 bc	1,44 a	2,61 ab	2,52 abc	1,01 ab	1,16 ab
Gl. clarum	1,09 a	4,34 ab	1,31 abc	0,73 ab	1,2 ab	1,28 abc	2,01 a	1,49 b	2,46 abc	1,09 ab	3,02 a
E. floresta	1,30 a	2,96 ab	1,38 ab	0,92 ab	1,2 bc	1,13 abc	1,45 a	1,26 b	2,28 abc	1,30 a	2,02 ab
Controle	0,59 a	2,74 ab	0,68 bc	1,69 a	0,7 c	0,72 bc	1,44 a	1,19 b	2,09 abc	0,59 bc	0,76 b
	----- Condutância, mol m ⁻² s ⁻¹ -----										
S.pellucida	0,06 a	0,15 a	0,03 c	0,01 a	0,05 bc	0,03 cd	0,06 b	0,07 b	0,09 a	0,05 a	0,06 ab
A. scrobiculata	0,02 ab	0,17 a	0,20 ab	0,01 a	0,04 bc	0,10 a	0,26 a	0,32 a	0,02 b	0,02 b	0,04 bc
E. colombiana	0,04 ab	0,01 d	0,18 abc	0,02 a	0,08 a	0,01 c	0,14 ab	0,08 b	0,03 b	0,04 a	0,05 ab
G. gigantea	0,03 ab	0,07 cd	0,30 a	0,01 a	0,08 a	0,04 bc	0,10 ab	0,11 b	0,01 b	0,03 b	0,04 bc
G.margarita	0,02 ab	0,05 cd	0,11 bc	0,00 a	0,05 bc	0,02 cd	0,05 b	0,06 b	0,10 a	0,02 b	0,04 bc
Gl. etunicatum	0,03 ab	0,09 bc	0,14 abc	0,04 a	0,05 bc	0,04 bc	0,06 b	0,03 b	0,02 b	0,03 b	0,05 bc
S. gregaria	0,02 ab	0,09 bc	0,16 abc	0,05 a	0,06 ab	0,03 cd	0,07 b	0,09 b	0,08 a	0,02 b	0,05 ab
E. agrossistema	0,02 ab	0,20 a	0,17 abc	0,01 a	0,06 ab	0,03 cd	0,11 ab	0,09 b	0,02 b	0,02 b	0,05 ab
Gl. clarum	0,02 ab	0,13 ab	0,10 bc	0,05 a	0,02 ab	0,05 bc	0,12 ab	0,04 b	0,01 b	0,02 b	0,10 a
E. floresta	0,03 ab	0,09 bc	0,07 bc	0,04 a	0,03 bc	0,04 bc	0,05 b	0,04 b	0,10 a	0,03 b	0,07 a
Controle	0,007 b	0,08 bc	0,03 c	0,06 a	0,01 c	0,02 cd	0,05 b	0,03 b	0,10 a	0,01 c	0,03 bc

...continua..

TABELA 3A ...Cont..

Fungos	Espécies/Plantas										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	----- Fotossíntese, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ -----										
S.pellucida	3,87 a	6,18 a	1,26 a	0,97 ab	2,94 ab	1,27 bc	3,53 a	4,13 ab	4,72 abc	2,94 a	4,07 ab
A. scrobiculata	0,78 b	3,40 ab	0,34 a	1,08 ab	1,57 cd	1,64 abc	5,82 a	8,23 a	1,25 bc	1,00 c	1,51 cd
E. colombiana	3,10 ab	0,19 b	2,33 a	0,86 b	3,69 ab	0,50 c	4,50 a	4,40 ab	1,46 bc	2,53 a	4,83 ab
G. gigantea	1,02 b	3,96 ab	1,80 a	1,18 ab	4,49 a	2,92 abc	2,94 a	4,00 ab	0,71 c	1,29 bc	1,04 cd
G.margarita	1,14 b	2,59 ab	0,82 a	2,55 ab	2,70 bc	1,37 bc	2,42 a	3,78 ab	8,63 a	0,91 c	0,52 cd
Gl. etunicatum	1,99 ab	3,90 ab	1,16 a	2,46 ab	3,50 ab	1,52 abc	2,82 a	2,89 b	6,89 ab	1,66 b	2,14 bcd
S. gregaria	1,82 ab	4,16 ab	1,77 a	2,08 ab	1,04 cd	1,90 abc	3,32 a	3,48 ab	5,45 abc	1,77 b	1,17 cd
E. agrossistema	0,92 b	5,63 a	1,22 a	1,71 ab	4,44 a	2,36 abc	2,83 a	5,30 ab	2,54 bc	1,11 bc	3,79 abc
Gl. clarum	2,48 ab	6,06 a	1,42 a	3,21 ab	0,56 bc	3,98 a	3,74 a	3,52 ab	3,75 abc	2,48 a	6,02 a
E. floresta	2,55 ab	3,48 ab	0,96 a	3,59 a	1,76 bc	3,21 ab	4,86 a	3,06 b	3,76 abc	2,55 a	5,25 a
Controle	0,99 b	3,72 ab	0,28 a	3,02 ab	0,58 d	0,90 bc	5,34 a	1,80 b	1,46 bc	0,99 c	0,43 cd
	----- Eficiência do uso da água, $\mu\text{mol CO}_2 \text{mmo}^{-1}$ de vapor de água -----										
S.pellucida	3,45 ab	1,92 a	3,65 a	3,65 ab	2,62 a	1,11 a	2,58 a	2,68 a	2,33 ab	1,93 a	3,00 ab
A. scrobiculata	0,79 b	1,06 abc	0,23 b	3,21 ab	1,44 abc	0,81 a	2,00 a	2,13 a	1,39 b	1,11 a	1,48 cde
E. colombiana	5,17 a	0,18 c	1,53 ab	1,35 b	1,62 abc	0,88 a	1,92 a	1,92 a	1,74 b	4,48 a	3,56 a
G. gigantea	0,81 b	1,21 ab	0,91 b	2,88 ab	1,67 abc	1,90 a	1,77 a	1,38 a	1,37 ab	1,08 a	0,98 de
G.margarita	1,35 ab	0,93 bc	0,68 b	9,35 a	1,82 abc	1,66 a	1,98 a	2,25 a	2,80 ab	0,80 a	0,36 e
Gl. etunicatum	1,46 ab	1,20 ab	0,81 b	5,27 ab	2,43 ab	1,01 a	1,93 a	2,43 a	2,14 b	1,16 a	1,27 de
S. gregaria	1,71 ab	1,30 ab	1,27 ab	3,83 ab	0,55 c	4,37 a	2,25 a	1,44 a	2,40 ab	1,63 a	0,78 de
E. agrossistema	0,85 ab	1,12 ab	0,84 b	8,72 ab	2,13 abc	2,97 a	4,12 a	2,11 a	1,00 b	1,11 a	3,48 a
Gl. clarum	2,30 ab	1,37 ab	1,24 ab	5,47 ab	0,51 c	3,15 a	2,81 a	2,31 a	1,77 b	2,30 a	1,98 bcd
E. floresta	2,12 ab	1,10 ab	0,73 b	5,62 ab	1,51 abc	2,79 a	3,40 a	2,48 a	1,73 b	2,12 a	2,63 abc
Controle	1,57 ab	1,42 ab	0,57 b	1,79 ab	0,71 bc	1,32 a	3,79 a	1,68 a	0,71 b	1,58 a	0,44 e

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, em nível de 5%, pelo teste de Tukey

ANEXOS B

	Página
FIGURA 1B Resposta do cedro à inoculação com <i>Glomus clarum</i> - GC, <i>Entrophospora colombiana</i> - EC, espécies da floresta - FL, <i>Gigaspora gigantea</i> e ao controle não inoculado - CO.....	89
FIGURA 2B Resposta do fedegoso à inoculação com espécies de agrossistema - AG, <i>Gigaspora margarita</i> - GM, <i>Entrophospora colombiana</i> - EC, espécies da floresta - FL, e ao controle não inoculado - CO.....	89
FIGURA 3B Resposta da embaúba à inoculação com <i>Scutellospora gregaria</i> - SG, <i>Glomus clarum</i> - GC, espécies da floresta - EL, <i>Gigaspora gigantea</i> - GG, <i>Scutellospora pellucida</i> - AP e ao controle não inoculado - CO.....	90



Figura 1B. Resposta do cedro à inoculação com *Glomus clarum* - GC, *Entrophospora colombiana* - EC, espécies da floresta - FL, *Gigaspora gigantea* e ao controle não inoculado - CO.



Figura 2B. Resposta do fedegoso à inoculação com espécies de agrossistema - AG, *Gigaspora margarita* - GM, *Entrophospora colombiana* - EC, espécies da floresta - FL, e ao controle não inoculado - CO.

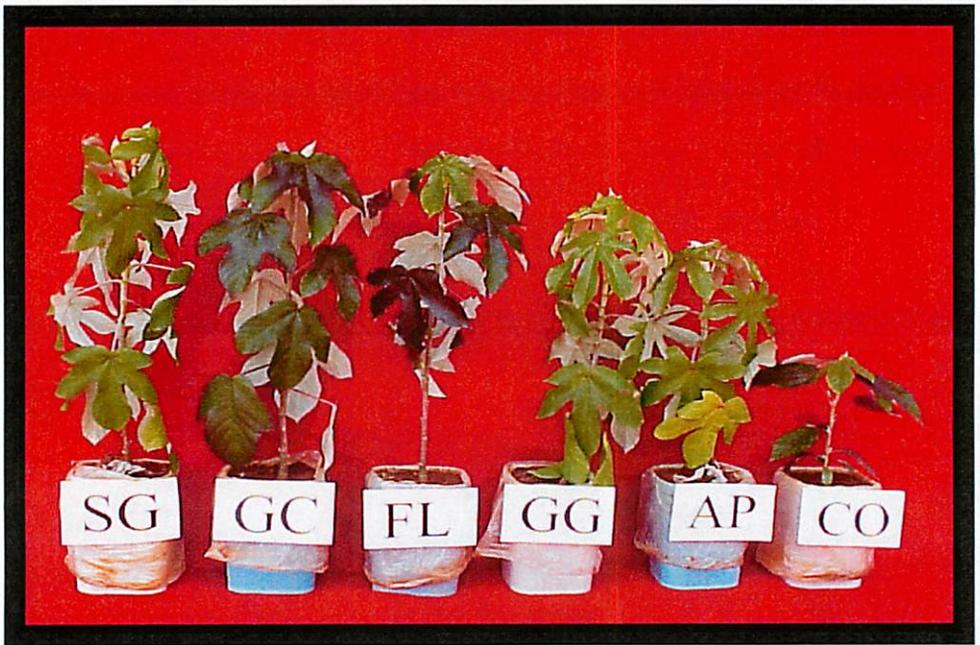


Figura 3B. Resposta da embaúba à inoculação com *Scutellospora gregaria* - SG, *Glomus clarum* - GC, espécies da floresta - EL, *Gigaspora gigantea* - GG, *Scutellospora pellucida* - AP e ao controle não inoculado - CO.