

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE AGROBIOLOGIA

**ESTABELECIMENTO DE *Gigaspora margarita* E *Glomus clarum* POR
GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS E ESPORULAÇÃO DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES INDÍGENAS**

ANSELMO LÚCIO DOS SANTOS

Seropédica, Rio de Janeiro

Maio de 1998

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE AGROBIOLOGIA

ESTABELECIMENTO DE *Gigaspora margarita* E *Glomus clarum* POR
GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS E ESPORULAÇÃO DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES INDÍGENAS

ANSELMO LÚCIO DOS SANTOS

SOB A ORIENTAÇÃO DO PROFESSOR

RICARDO LUIS LOURO BERBARA

CO-ORIENTAÇÃO DOS PESQUISADORES

JOSÉ GUILHERME MARINHO GUERRA

FRANCISCO ADRIANO DE SOUZA

Tese submetida como requisito parcial
para a obtenção do grau de *Magister
Scientiae* em Agronomia, Área de
Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, Rio de Janeiro

Maio de 1998

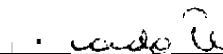
**ESTABELECIMENTO DE *Gigaspora margaritu* E *Glomus clarum* POR
GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS E ESPORULAÇÃO DE FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES INDÍGENAS**

AUTOR

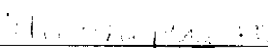
ANSELMO LÚCIO DOS SANTOS

Aprovado em 21 de maio de 1998

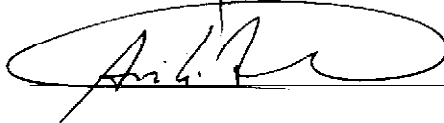
RICARDO LUIS LOURO BERBARA



ELIANE MARIA RIBEIRO DA SILVA



AVÍLIO ANTÔNIO FRANCO



Seropédica, Rio de Janeiro

Maio de 1998

Dedicatória

Aos meus pais que souberam me dar liberdade e sabedoria, movidas por carinho e confiança, que devo tê-los como exemplo.

“Nada é mais importante para os seres humanos,
hoje, do que compreender como
funciona a natureza”.

Paul R. Ehrlich, 1993

Agradecimentos

A Deus que sempre me iluminou.

Aos meus pais e aos meus irmãos pela confiança e incentivo.

À Elisangela de S. Faria, pelo apoio e constante motivação.

A Luiz R. Freire pelos incentivos a ingressar na carreira científica.

Aos amigos Carlos A. T. Gava, Geovane B. do Nascimento, Geraldo de A. Gravina, Márcio P. D. Teixeira, Manoel M. P. da Silva, Severino M. de Alencar e Simão P. dos Santos pelo incentivo e amizade.

A Ricardo L. L. Berbara, José G. M. Guerra e Francisco A. de Souza pelo apoio e orientação.

À Sandra F. B. Trufem e Rosileine Carrenho pela ajuda na identificação das espécies de fungos micorrízico arbusculares.

À Janie Jasmim C. Adell pela colaboração na revisão gramatical do abstract.

À Eliane M. R. da Silva e Avílio A. Franco, pelas críticas e sugestões na correção desta tese.

Aos professores e servidores da **UFRRJ** por ter contribuído com a minha formação acadêmica.

À **EMBRAPA/CNPAB** pelo suporte institucional, aos seus funcionários pelo apoio e dedicação e aos seus pesquisadores pelas sugestões.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com este trabalho.

Biografia do Autor

Anselmo Lúcio dos Santos, filho de Justiniano Lúcio dos Santos e Maria de Lourdes Cruz Santos, nasceu em 21 de abril de 1967 na cidade de Penedo, AL. Diplomado pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em Licenciatura em Ciências Agrícolas em 1994 e Engenharia Agrônômica em 1997. Monitor de Química Analítica de novembro de 1991 a setembro de 1993 e Fertilidade do Solo de setembro de 1993 a julho de 1994. Bolsista de Iniciação Científica do CNPq de 1994 a 1995.

Índice

	Página
1- Introdução.....	1
2- Revisão de Literatura.....	3
2.1- Caracterização e Ocorrência dos Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	3
2.2- Efeitos da Associação Micorrízica na Nutrição e Desenvolvimento Vegetal	6
2.3- Fatores que Interferem no Estabelecimento de Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	8
2.4- Alguns Aspectos sobre Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	14
2.5- Aspectos Agronômicos de Algumas Plantas Forrageiras e suas Interações com os Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	16
3- Material e Métodos.....	20
3.1- Localização e Caracterização do Local de Coleta das Amostras do Material de Solo e da Instalação dos Experimentos.....	20
3.2- Avaliação Física, Química e Biológica do Material de Solo Utilizado nos Experimentos.....	21
3.3- Instalação e Condução dos Experimentos.....	22
3.4-Instalação do Primeiro Experimento.....	22
3.5- Avaliação do Experimento 1 e Retirada de Amostras do Material de Solo para Instalação dos Experimentos 2 e 3.....	24
3.6- Capacidade Infectiva (Bioensaio) de FMAs Exóticos e Indígenas após o Cultivo de Gramíneas e Leguminosas (Experimento 2).....	25

3.7- Efetividade para Leucena de FMAs Exóticos e Indígenas após o Cultivo de Diferentes Gramíneas e Leguminosas (Experimento 3).....	26
4- Resultados e Discussão.....	27
4.1- Densidade Inicial de Esporos dos Fungos Micorrízicos Arbusculares Indígenas.....	27
4.2- Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos e Nutrição de Fósforo e Nitrogênio em Diferentes Gramíneas e Leguminosas.....	29
4.3- Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos e Desenvolvimento de Diferentes Gramíneas e Leguminosas.....	37
4.4- Estabelecimento de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos por Diferentes Gramíneas e Leguminosas.....	43
4.5- Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos por Diferentes Gramíneas e Leguminosas e Esporulação Micorrízica Indígena.....	50
4.6- Grau de Associação entre as Variáveis Avaliadas.....	62
4.7- Capacidade Infectiva (Bioensaio) de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Sorgo.....	65
4.8- Efetividade para Leucena de Fungos Micorrízicos Arbusculares.....	75
5- Conclusões.....	81
6- Referências Bibliográficas.....	83

Índice de Figuras

	Página
Figura 01. Fósforo acumulado (mg/planta) nas raízes de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	30
Figura 02. Nitrogênio acumulado (mg/planta) nas raízes de diferentes gramíneas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	32
Figura 03. Nitrogênio acumulado (mg/planta) na parte aérea de diferentes gramíneas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	33
Figura 04. Nitrogênio acumulado (mg/planta) nas raízes de diferentes leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	35
Figura 05. Nitrogênio acumulado (mg/planta) na parte aérea de diferentes leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	36
Figura 06. Massa radicular seca (g/pote) de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	38
Figura 07. Massa nodular seca (g/pote) de leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	40
Figura 08. Variação (final-inicial) do número de esporos de <i>G. margarita</i> em 50 cm ³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exótico e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	47
Figura 09. Número de esporos de <i>G. clarum</i> em 50 cm ³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	48

- Figura 10.** Variação (final-inicial) do número de esporos de *G. clarum* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado..... 49
- Figura 11.** Variação (final-inicial) do número de esporos de *A. rugosa* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado..... 52
- Figura 12.** Variação (final-inicial) do número de esporos de *E. colombiana* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado..... 54
- Figura 13.** Variação (final-inicial) do número de esporos de *G. macrocarpum* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado..... 56
- Figura 14.** Variação (final-inicial) do número total de esporos em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado..... 58
- Figura 15.** Altura das plantas de leucena (cm) aos 90 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado..... 77
- Figura 16.** Altura das plantas de leucena (cm) aos 120 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado..... 78

Índice de Quadros

	Página
Quadro 01. Fósforo acumulado (mg/planta) na parte aérea de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	31
Quadro 02. Massa da parte aérea seca (g/pote) de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	41
Quadro 03. Colonização radicular (cm/m) de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	44
Quadro 04. Número de esporos de <i>G. margarita</i> em 50 cm ³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	45
Quadro 05. Número de esporos de <i>A. rugosa</i> em 50 cm ³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	51
Quadro 06. Número de esporos de <i>E. colombiana</i> em 50 cm ³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	53
Quadro 07. Número de esporos de <i>G. macrocarpum</i> em 50 cm ³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	55
Quadro 08. Número total de esporos em 50 cm ³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	57

Quadro 09. Índice de equitabilidade de FMAs nas rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	60
Quadro 10. Coeficientes de correlação linear (R) para avaliar o grau de associação entre as variáveis estudadas.....	62
Quadro 11. Capacidade infectiva de FMAs indígenas em sorgo crescido em material de solo erodido (amostra inicial), não desinfestado.....	66
Quadro 12. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de braquiária (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	67
Quadro 13. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de milho (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	67
Quadro 14. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de sorgo (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	68
Quadro 15. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de crotalaria (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	69
Quadro 16. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de mucuna cinza (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	69
Quadro 17. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de amendoim forrageiro (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	70
Quadro 18. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de desmódio (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	71

Quadro 19. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de estilosantes (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	71
Quadro 20. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de kudzu tropical (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	72
Quadro 21. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de soja perene (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.....	72
Quadro 22. Diâmetro do colo de leucena (cm) aos 90 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	76
Quadro 23. Diâmetro do colo de leucena (cm) aos 120 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.....	76

Resumo

Com o objetivo de avaliar o estabelecimento dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) exóticos *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* por diferentes plantas e seus efeitos sobre a população de FMAs indígenas (*Acaulospora rugosa*, *Entrophospora colombiana*, *G. margarita* e *Glomus macrocarpum*), foram instalados três experimentos em casa de vegetação, num delineamento experimental de blocos ao acaso em arranjo fatorial de 10 plantas x 3 fontes de inóculo. As plantas foram: 3 gramíneas (*Brachiaria decumbens*, *Pennisetum glaucum* e *Sorghum bicolor*) e 7 leguminosas (*Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens*, *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium*, *Stylosanthes guianensis*, *Pueraria phaseoloides* e *Neonotonia wightii*) e as fontes de inóculo de FMAs foram: (Não inoculado; 100g de inóculo de solo de *G. margarita* e 100g de inóculo de solo de *G. clarum*). Foi utilizado amostra de material erodido de um solo Podzólico Vermelho, não desinfestado e adubado com fosfato de rocha (5,5 g/kg de amostra). As gramíneas receberam o equivalente a 80 kg/ha de nitrogênio, e estirpes de rizóbio específicas foram inoculadas nas sementes das leguminosas.

O primeiro experimento avaliou o estabelecimento de *G. margarita* e de *G. clarum* e seus efeitos sobre os FMAs indígenas, através da colonização radicular, do número de esporos encontrados nas rizosferas e na nutrição e desenvolvimento das plantas hospedeiras após 100 dias de cultivo. Deste experimento coletou-se material de solo para montar o segundo e o terceiro experimentos. O segundo experimento, um bioensaio, para avaliação da capacidade infectiva dos FMAs exóticos e indígenas, foi composto de

duas fases, utilizando-se o *S. bicolor* como planta indicadora: Na fase I, o *S. bicolor* foi germinado e crescido no material de solo do primeiro experimento, sendo transplantado aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência (DAE); na fase II o *S. bicolor* foi transplantado para potes com material de solo autoclavado, onde as plantas cresceram até a produção de grãos, quando amostras para identificação das espécies de FMAs foram coletadas, e a capacidade infectiva foi baseada na presença ou ausência de esporos de FMAs. No terceiro experimento avaliou-se a efetividade dos FMAs exóticos e indígenas para *Leucaena leucocephala*, através das medidas da altura e do diâmetro do caule aos 90 e 120 DAE.

No tratamento inoculado com *G. margarita*, o número de esporos desta espécie na rizosfera do *S. bicolor* foi superior ao encontrado nas rizosferas das leguminosas, exceto para a *M. pruriens* e o *S. guianensis*. Com a inoculação de *G. clarum* associada à *B. decumbens* e ao *P. glaucum* foi verificado o menor número de esporos da *G. margarita* indígena. O *G. clarum* apresentou maior número de esporos quando associado ao *P. glaucum*, *S. bicolor* e *M. pruriens*. O número de esporos da *A. rugosa* aumentou com a introdução dos FMAs exóticos no *P. glaucum*, enquanto que a *C. juncea* e a *N. wightii* somente promoveram incrementos quando associadas ao tratamento inoculado com *G. clarum*. Entretanto, o *A. pintoii* e o *P. phaseoloides* reduziram o número de esporos desta espécie de fungo. A *E. colombiana*, teve o maior número de esporos no tratamento inoculado com *G. margarita* e cultivado com *S. bicolor*. Para o *G. macrocarpum*, verificou-se maior número de esporos nas gramíneas associadas ao tratamento inoculado com *G. margarita*, o mesmo ocorreu nos tratamentos com *G. clarum*, nas rizosferas do *P. phaseoloides* e da *N. wightii*.

Abstract

To evaluate the establishment of the exotic arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) *Gigaspora margarita* and *Glomus clarum* in different plants and its effects on the population of indigenous AMFs (*Acaulospora rugosa*, *Entrophospora colombiana*, *G. margarita* and *Glomus macrocarpum*), three experiments were installed in a greenhouse, in an experimental randomized block design in phatorial arrangement of 10 plants x 3 inoculum sources. The plants were: 3 grasses (*Brachiaria decumbens*, *Pennisetum glaucum* and *Sorghum bicolor*) and 7 legumes (*Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens*, *Arachis pintoii*, *Desmodium ovalifolium*, *Stylosanthes guianensis*, *Pueraria phaseoloides* and *Neonotonia wightii*). The sources of inoculum of AMFs were: (Non inoculated; 100g of soil inoculum with *G. margarita* and 100g of soil inoculum with *G. clarum*). A sample of Red Podzolic erosived soil, non disinfected and fertilized with rock phosphate (5.5 g/kg of sample) was used. The grasses received the equivalent to 80 kg/ha of nitrogen and stains of specific rhizobia were inoculated on the legume seeds.

The first experiment evaluated the establishment of the *G. margarita* and *G. clarum* and its effects on indigenous AMFs, by estimating the colonization of the roots, number of spores found in the rhizosphere, nutrition and development of the host plants after 100 days of cultivation. Soil material of this experiment was collected to set up the second and the third experiments. The second experiment, a bioessay, to evaluate the infectivity of exotic and indigenous AMFs, was composed of two stages, using the *S. bicolor* as indicative plant. At stage I, *S. bicolor* was germinated and grown on the soil material of the first experiment being weekly transplanted at ages 7,

14, 21, 28, 35 and 42 days after emergence (DAE); at stage II, *S. bicolor* was transplanted to pots with sterilized soil material, where the plants were grown until grain yield, when samples for identification of the AMFs species were collected and the infectivity evaluation of AMFs was based on presence or absence of spores. In the third experiment, the effectiveness of exotic and indigenous AMFs was evaluated for *Leucaena leucocephala*, by measuring the height and the diameter of the stem at 90 and 120 DAE.

Under inoculation with *G. margarita*, the number of spores of this species on the rhizosphere of *S. bicolor* was superior to the one found on the rhizospheres of the legumes, except for the *M. pruriens* and *S. guianensis*. The smallest number of spores of indigenous *G. margarita* was observed under inoculation with *G. clarum* associated to *B. decumbens* and *P. glaucum*. *G. clarum* presented larger number of spores when associated to *P. glaucum*, *S. bicolor* and *M. pruriens*. The number of spores of the *A. rugosa* increased with the introduction of the exotic AMFs on *P. glaucum*, while *C. juncea* and *N. wightii* only promoted such increases when they were inoculated with *G. clarum*. However, the *A. pintoii* and the *P. phaseoloides* reduced the number of spores of this species of fungi. The *E. colombiana* had the largest number of spores under the treatment with *G. margarita* cultivated with *S. bicolor*. The largest number of spores of *G. macrocarpum* was observed for the grasses inoculated with *G. margarita*; the same happened to the treatments with *G. clarum* on the rhizospheres of the *P. phaseoloides* and *N. wightii*.

1- Introdução

Nos países em desenvolvimento, a quantidade e a qualidade dos recursos naturais, sobretudo da terra e da água, estão sendo progressivamente deteriorados e a fertilidade do solo está diminuindo. Ao longo dos tempos, as plantas cultivadas foram selecionadas em sistemas de agricultura altamente desenvolvidos com base em um suprimento favorável ou até mesmo abundante de nutrientes minerais. Entretanto, a produção de alimentos em países menos desenvolvidos, obriga, frequentemente a utilizar solos de baixa fertilidade natural, nos quais, a compensação econômica é insuficiente para justificar o emprego de grandes doses de fertilizantes. Dessa forma, os efeitos benéficos na nutrição, desenvolvimento e produção vegetal, caracterizam os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) como uma alternativa promissora para a agricultura tropical, pela predominância de solos minerais deficientes em nutrientes e com alta acidez.

O Brasil é um dos países nos quais os FMAs assumem um papel extremamente importante devido as grandes áreas de solos de baixa fertilidade, ou degradados devido à ação antrópica, e ao grande número de espécies vegetais importantes economicamente que apresentam micotrofismo. Por outro lado, tanto a ocorrência e distribuição dos FMAs,

como a formação e funcionamento da simbiose, são afetadas por muitos fatores, entre eles, destacam-se o pH e o manejo do solo. Nos solos com vegetação natural, os recursos biológicos resultam de processos de adaptação às condições ambientais, refletindo os mecanismos de evolução do ecossistema como um todo. No caso dos FMAs, que são biotróficos obrigatórios, a vegetação influencia diretamente a sua sobrevivência e diversidade, apesar do pouco enfoque das pesquisas sobre o manejo e a diversidade dos fungos indígenas.

As pesquisas demonstram os benefícios da inoculação destes fungos sobre o estabelecimento e sobrevivência de plantas introduzidas em áreas degradadas, principalmente em leguminosas nodulíferas, que apresentam o seu requerimento em fósforo (P) aumentado pela fixação biológica de nitrogênio (FBN). Leguminosas noduladas e micorrizadas constituem sistemas funcionais mais aptos à sobrevivência em ambientes impactados, e algumas plantas bem noduladas não necessitam de nitrogênio (N) mineral. A micorrização confere, em geral, maior capacidade de absorção de nutrientes do solo, principalmente P, além de aumentar a tolerância a estresses bióticos e abióticos. Por isso, a utilização de plantas associadas a microrganismos para revegetação de áreas degradadas é uma tecnologia ecológica e viável, principalmente em sistemas com pouco potencial para investimento.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o estabelecimento de *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* por diferentes gramíneas e leguminosas em material de solo oriundo da erosão de um solo Podzólico Vermelho e seus efeitos sobre a população de FMAs indígenas sob condições de casa-de-vegetação.

2- Revisão de Literatura

2.1- Caracterização e Ocorrência dos Fungos Micorrízicos Arbusculares

As associações simbióticas entre fungos e raízes de certas plantas vasculares, tidas como micorrizas, são de ocorrência generalizada na maioria dos ecossistemas terrestres (MOSSE, 1981; LOPES *et al.*, 1983a; TRUFEM & BONONI, 1985; SIQUEIRA *et al.*, 1989). Elas co-evoluíram com as plantas e sua origem ocorreu entre 462 a 352 milhões de anos atrás, como revelado por estudos de biologia molecular (SIMON *et al.*, 1993). Entretanto, esse fenômeno só foi reconhecido e tratado cientificamente em meados do século XIX (SIQUEIRA, 1986).

A maioria das plantas, em torno de 90%, desde as Briófitas e Pteridófitas até as Gimnospermas e Angiospermas formam esta simbiose. Ela ocorre em praticamente todas as famílias de plantas, com exceção daquelas exclusivamente ectomicorrízicas, Pinaceae e Cupuliferae, ou as que possuem associações específicas como as Ericales e Orquidaceae. Também não formam associações micorrízicas as famílias Commelinaceae, Cyperaceae e Juncaceae das monocotiledôneas, e várias famílias das

dicotiledôneas como, Brassicaceae, Fumariaceae e Urticaceae (SILVEIRA, 1992). Entretanto, ela é encontrada na maior parte das espécies vegetais importantes para a agricultura, principalmente nas famílias Solanaceae, Gramineae e Leguminosae (HARLEY & SMITH, 1983). Dessa forma, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) constituem a regra, e não a exceção na natureza (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

A ocorrência dessa relação simbiótica é fundamental para a sobrevivência e disseminação do fungo e exerce grande influência na distribuição das espécies, na estruturação e regeneração das comunidades vegetais, auxiliando, assim, a biodiversidade, a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade do planeta (PERRY *et al.*, 1987; NICHOLS *et al.*, 1991; SÖDERSTRÖM, 1991; ALLEN, 1992; READ, 1991; FRANCO *et al.*, 1992).

De acordo com ALLEN (1992), os FMAs contribuíram para a evolução das plantas, e muitas delas são extremamente dependentes desta associação para a sobrevivência. As espécies vegetais micorrizadas, devido a sua exigência nutricional, morfologia e arquitetura do sistema radicular e relações com o fungo, apresentam diferentes graus de dependência simbiótica, sendo consideradas obrigatórias ou facultativas (JANOS, 1980). Da mesma forma que a sobrevivência e dispersão dos FMAs são influenciados pelo hospedeiro (BRUNDRETT, 1991).

Este fenômeno é de grande importância no processo de regeneração natural dos ecossistemas e fundamental na formação de sistemas tecnogênicos, como na revegetação de áreas degradadas. Outro benefício da simbiose é a possibilidade de diminuição do uso de fertilizantes e defensivos, o que ameniza o impacto ambiental provocado

pelas atividades agropecuárias e também facilita o reflorestamento (SIQUEIRA & SAGGIN-JÚNIOR, 1994).

Os efeitos benéficos dos FMAs no crescimento das plantas são bem documentados e têm despertado interesse entre os cientistas de diversas áreas, agricultores e de setores do mercado de tecnologia (JEFFRIES, 1987; SIQUEIRA & FRANCO, 1988), isso porque eles apresentam grande potencial de utilização em programas de recuperação ecológica, como em solos erodidos ou perturbado pela construção civil e extração mineral, na recuperação de dunas litorâneas e de áreas degradadas, na produção agropecuária em solos com baixa fertilidade natural, em solos agrícolas tratados de forma equivocada com defensivos fumigantes, solos sujeitos a inundação periódica e aqueles com baixa população de fungos micorrízicos efetivos, em solos ou substratos inertes utilizados para o crescimento de plantas em ambientes controlados (BERBARA, 1989; SIQUEIRA, *et al.*, 1994).

A inoculação com FMAs estimula o crescimento inicial de mudas transplantadas, bem como a produção agrícola e florestal, e as respostas à estas práticas podem ser encontradas tanto em solos fumigados quanto não fumigados, e os incrementos podem variar de 10% em culturas anuais a 8000% em espécies arbóreas com alta dependência micorrízica (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

As micorrizas arbusculares (MAs) ocorrem em todas as áreas terrestres cobertas por vegetação. Entretanto, pouco se conhece sobre sua ecologia nos trópicos, pois, ao contrário das regiões temperadas, poucos estudos ecológicos têm sido conduzidos nestes locais, com exceção de áreas limitadas na Austrália e certas regiões da África e Ásia (MOSSE, 1981;

TANDY, 1975; HALL & ABBOTT, 1984; NEWMAN *et al.*, 1986; NOORDWIJK & HAIRIAN, 1986; LOUIS & LIM, 1987), em Cuba (FERRER & HERRERA, 1981), Colômbia (SCHENCK *et al.*, 1984) e, recentemente, no Brasil (LOPES *et al.*, 1983; SCHENCK *et al.*, 1986; BONONI & TRUFEN, 1983; FERNANDES, 1987; MIRANDA, 1982; SANO, 1984). Muitos destes estudos são dirigidos para a determinação da ocorrência natural de FMA's em ambientes distintos.

2.2- Efeitos da Associação Micorrízica na Nutrição e Desenvolvimento Vegetal

Os FMA's podem beneficiar as plantas tanto no sentido nutricional quanto não nutricional. Os efeitos nutricionais são os mais marcantes, resultando da ação do micélio na absorção de nutrientes de pouca mobilidade, fenômeno oriundo da ampliação do sistema radicular das plantas fora da zona de depleção, ação indireta na fixação biológica de nitrogênio e eficiência no uso de nutrientes absorvidos pelas raízes ou hifas (SANDERS & TINKER, 1971; SIQUEIRA & FRANCO, 1988; BAREA, 1991; COLOZZI-FILHO & BALOTA, 1994).

A associação micorrízica representa um importante mecanismo de otimização no uso de fertilizantes, principalmente os fosfatados quando aplicado em solos com alta capacidade de fixação, que são característicos dos trópicos.

O potencial dos FMA's em conferir benefícios à planta hospedeira, está diretamente relacionado com a precocidade com que a associação se estabelece e se desenvolve (DAVIS *et al.*, 1985). O micélio

externo é o componente mais importante para a absorção e translocação de nutrientes da solução do solo para a raiz (SIEVERDING, 1991).

De acordo com DODD *et al.* (1990), os FMAs colonizando as raízes diminuem o estresse provocado por patógenos e nematóides, o que gera acréscimos no desenvolvimento da planta, resultados encontrados com sorgo e kudzu tropical.

Os maiores benefícios da simbiose, fungo-planta, parecem ser obtidos quando as condições ambientais se assemelham às da região de origem do hospedeiro e do fungo (SIQUEIRA *et al.*, 1984). O macrossimbionte influencia os processos fisiológicos da simbiose. Assim, a adequação da planta hospedeira às condições edáficas especialmente o pH e a disponibilidade de fósforo, podem alterar a natureza da associação simbiótica (ZAMBOLIM & SIQUEIRA, 1985; RHEINHEIMER & KAMINSK, 1994).

Não só nos trópicos, mas em solos agricultáveis do mundo inteiro, a produtividade das culturas é limitada pela deficiência de fósforo (P) e nitrogênio (N), e apesar dos FMAs não fixarem N_2 do ar, eles favorecem a aquisição de N do solo e indiretamente a fixação biológica de N_2 melhorando o aporte de P (BAREA & AZCON-AQUILAR, 1983). Assim, a interdependência entre a fixação biológica de nitrogênio e a micorrização de leguminosas parece contribuir para o alto grau de micotrofismo desse grupo de plantas (SIQUEIRA *et al.*, 1994). A co-inoculação das leguminosas com FMAs e rizóbio é muito oportuna e promissora para a recuperação de solos degradados e produção agrícola nos trópicos (FRANCO *et al.*, 1992; HERRERA *et al.*, 1993; FRANCO *et al.*, 1995; SILVA *et al.*, 1996). Outros estudos demonstraram os benefícios da

inoculação destes fungos sobre o estabelecimento e sobrevivência de plantas introduzidas em áreas degradadas, principalmente em leguminosas nodulíferas, que apresentam o requerimento em fósforo aumentado pela FBN (GRIFFITH *et al.*, 1994). Além disso, a micorrização confere, em geral, maior capacidade de absorção de nutrientes do solo e tolerância a estresses bióticos e abióticos (SOUZA & SILVA, 1996).

2.3- Fatores que Interferem no Estabelecimento de Fungos Micorrízicos Arbusculares

Por serem simbioses obrigatórios, os FMAs são cultivados “in vivo”, eles dependem das plantas para fornecer fotossintatos necessários para sua sobrevivência (GERDEMANN, 1968; HARLEY & SMITH, 1983; SIQUEIRA *et al.*, 1985; MOSSE & HEPPEL, 1975; BÉCARD & PICHÉ, 1989a), o que constitui um dos maiores obstáculos nos estudos e na utilização dos FMAs. O cultivo desses fungos é feito “in vivo”, isto é, a multiplicação ocorre em raízes metabolicamente ativas (CARDOSO & LAMBAIS, 1992). Outro fator limitante para a utilização dos FMAs em larga escala na agricultura, diz respeito a dificuldades para a produção de inóculo de boa qualidade e em quantidade para atender as exigências de inoculação a nível de campo (SIQUEIRA & FRANCO, 1988; SIEVERDING, 1990; SIQUEIRA, 1996).

Nos solos com vegetação natural, os recursos biológicos resultam de processos de adaptação às condições ambientais, refletindo os mecanismos de evolução do ecossistema como um todo (ASSAD, 1997). A ação antrópica, e em particular a agricultura, sobre a microbiota do solo

varia em intensidade (SOUZA & SILVA, 1996). No caso dos fungos micorrízicos, a vegetação influencia diretamente a sua sobrevivência e diversidade, apesar do pouco enfoque das pesquisas sobre o manejo e a diversidade dos FMAs indígena (SOUZA & SILVA, 1996). Por isso, uma boa alternativa, seria o manejo das espécies, utilizando o solo e as culturas de forma adequada para permitir a manutenção e proteção do sistema simbiótico existente (MIRANDA, 1989). Para BERBARA (1989), conhecer as características da população de FMAs nativos é um passo fundamental para definir-se a estratégia de inoculação. Quando a efetividade dos FMAs indígenas for baixa, a opção é introduzir simbiossiontes efetivos. Se a sua efetividade for alta, porém com baixa capacidade infectiva, o manejo do solo como alternativa se justifica plenamente. Portanto, a idéia neste caso, passaria a ser criar condições adequadas para a multiplicação das espécies de FMAs indígenas identificando previamente qual a mais efetiva para uma dada cultura.

A formação e efetividade dos FMAs são determinadas por fatores genéticos de ambos os componentes da associação, e modulados pelos fatores ambientais, entre eles a disponibilidade de nutrientes, o pH do solo, a umidade e a temperatura (MOSSE, 1981; MOSSE & HEPPER, 1975; PAULA & SIQUEIRA, 1987; NICOLSON & JOHNSON, 1979; SIQUEIRA *et al.*, 1984; WANG *et al.*, 1985). Frequentemente a micorrização é inibida por elevada fertilidade, pousio e perturbação do solo, presença de espécies não micorrízicas, aplicação de fungicidas sistêmicos, erosão do solo e remoção da cobertura vegetal (ABBOTT & ROBSON, 1991; BRUNDRETT, 1991; HARINIKUMAR & BAGYARAJ, 1988). Dos fatores ambientais, a destruição da vegetação nativa nos trópicos e o

declínio das florestas em regiões temperadas, causam perdas marcantes da diversidade dos FMAs, e pode resultar em perdas definitivas de isolados altamente adaptados a locais específicos (SIQUEIRA *et al.*, 1994).

SIQUEIRA *et al.* (1986), demonstraram que a ocorrência natural de alguns FMAs em determinados meios edáficos está relacionada com a melhor germinação dos esporos, crescimento das hifas e esporulação. Os autores verificaram também que a abundância populacional de FMAs está diretamente relacionada com o pH do solo, porém a natureza do fator ou dos fatores fungistáticos dos solos ácidos ainda não é conhecida, podendo ser atribuída ao íon H^+ ou ao Al^{+3} .

Os fungos micorrízicos parecem adaptar-se a determinadas propriedades do solo, e se essas condições forem modificadas, a simbiose pode tornar-se ineficiente ou até parasítica. A acidez e a baixa disponibilidade de fósforo no solo figuram entre os fatores edáficos que podem ser os mais limitantes ao crescimento das plantas (SMITH *et al.*, 1985). A elevação do pH do solo, sem adição de P diminui a colonização micorrízica, enquanto a adição de fosfato permite o incremento na micorrização em pH mais elevado (RHEINHEIMER & KAMINSKI, 1994). Em estudos com FMAs indígenas de solo ácido e adubado com fosfato de baixa solubilidade, FRIES (1989) citado por WEBER & AMORIM (1994) observou que os FMAs foram eficientes em aumentar a absorção de fósforo e produção de matéria seca em pensacola quando o pH do solo era similar ao do habitat do fungo, mas com a elevação do pH os fungos exibiram comportamento parasítico.

SIQUEIRA *et al.* (1986), procurando entender os efeitos do pH do solo no desenvolvimento micorrízico, verificaram que espécies do

gênero *Glomus* apresentaram maior taxa de colonização radicular e ocorrência natural em condições de pH próximo do neutro ou alcalino, enquanto as espécies dos gêneros *Gigaspora* e *Acaulospora* se desenvolveram bem na faixa ácida. Por outro lado, a principal dificuldade deste tipo de estudo é a grande variação da população dos FMAs com o tempo (SIEVERDING & SAIF, 1984).

Outros trabalhos mostram que a sobrevivência dos FMAs e sua efetividade em promover resposta positiva no crescimento vegetal pode estar fortemente influenciada por microrganismos na micorrizosfera (AMES & BETHLENFALVAY, 1987). É de particular interesse aqueles microrganismos que colonizam os esporos e hifas dos FMAs, muitos desses microrganismos têm sido evidenciados como sendo parasitas (LEE & KOSKE, 1994), mas organismos benéficos como, fungos (ROSS & DANIELS, 1982), bactérias (GERDEMANN & TRAPPE, 1974) e actinomicetos podem também estar presentes (BHATTACHARJEE *et al.*, 1982 citados por AMES & BETHLENFALVAY, 1987).

Outros estudos mostram que mudas produzidas em viveiros comerciais geralmente apresentam baixa colonização micorrízica, devido, principalmente, ao uso de substrato com baixa densidade de propágulos de FMAs, de pesticidas fumigantes e de excesso de nutrientes (LOPES *et al.*, 1986; SIQUEIRA *et al.*, 1987). Esta baixa colonização pode influenciar negativamente o crescimento das plantas no campo e a formação da lavoura.

Para garantir o sucesso com a inoculação é necessária a seleção de espécies ou isolados eficientes, competitivos e adaptados às condições de

formação das mudas e edafoclimáticas do local onde se pretende instalar a lavoura (SAGGIN JÚNIOR *et al.*, 1995).

A coleta de fungos indígenas, sua multiplicação em vasos de cultivo e utilização como inóculo na formação de mudas tem sido praticadas para obter espécies ou populações apropriadas para inoculação (MENGE *et al.*, 1977). Em estudos prévios com cafeeiro (CALDEIRA *et al.*, 1983, COLOZZI-FILHO *et al.*, 1994), ficou evidenciada a existência de fungos eficientes em populações coletadas em diversos ecossistemas, devendo esses fungos ser selecionados de modo a obter espécies fúngicas ou isolados com efeito promotor no crescimento previsível dentro de certas condições específicas de clima, solo e manejo (SAGGIN JÚNIOR & SIQUEIRA, 1995).

HAYMAN & STOVOLD (1979) relataram que, em solos recobertos por gramíneas nativas, a colonização se desenvolveu cedo e em altas taxas, apesar do baixo número de esporos, pois outras formas de inóculo estavam presentes em altas concentrações. O tipo e a posição do inóculo em relação às raízes podem afetar o número de propágulos efetivamente disponíveis à colonização, cujo desenvolvimento interno depende da distribuição de hifas ao longo da raiz, como ocorre em condições naturais e cujos novos pontos de penetração podem alcançar todo o sistema radicular (BUWALDA & GOH, 1982).

Embora não haja especificidade entre o fungo e o hospedeiro, há combinações preferenciais, quer pela sua eficiência, quer pela sobrevivência de ambos os simbiossiontes (RHEINHEIMER *et al.*, 1995). Por outro lado, com a menor diversidade fúngica, as possibilidades de combinações favoráveis diminuem (RHEINHEIMER *et al.*, 1995). A monocultura com espécies não

micotróficas e o aumento da fertilidade do solo tendem a diminuir a diversidade das espécies FMAs (SIQUEIRA & FRANCO, 1988). Em outros estudos não observou-se relação entre as características físicas e químicas do solo quanto a distribuição dos FMAs (ABBOTT & ROBSON, 1982). Portanto, é necessário entender o aspecto ecológico das espécies de FMAs, pois com esse conhecimento, a manipulação da simbiose micorrízica se torna capaz de beneficiar os sistemas agrícolas, principalmente os de pequenos “input” (DODD *et al.*, 1990; ABBOTT & ROBSON, 1991).

Ainda sobre especificidade hospedeira, a maioria dos FMAs não apresenta esta característica (MORTON, 1988), embora tenha sido relatada para algumas espécies (SIEVERDING, 1989). Provavelmente ocorre uma seletividade preferencial entre as espécies micorrízicas ou uma determinada população às plantas hospedeiras (SIEVERDING, 1989). Por isso, a frequência de ocorrência das espécies de uma dada população recebe forte influência dos diferentes cultivos (SCHENCK & KINLOCH, 1980). Assim, para obtenção racional e eficiente dos benefícios da simbiose micorrízica, é fundamental conhecer as implicações das características ecológicas e formas de manejo dos FMAs (FERNANDES & SIQUEIRA, 1989).

SILVA *et al.* (1996), utilizando mudas de leguminosas co-inoculadas com rizóbio e FMAs (*Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*) na revegetação de solos degradados, em áreas de mineração de bauxita, verificaram que após o estabelecimento das mudas houve um aumento no número de esporos de FMAs e a influência positiva das leguminosas na diversidade desses fungos no sistema. Da mesma forma, trabalhos de revegetação de áreas impactadas desenvolvidos na EMBRAPA/CNPAB,

com a introdução de espécies como *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, observou-se o estabelecimento destes em algumas áreas (SILVA *et al.*, 1994; ANDREOLA *et al.*, 1995; DIAS *et al.*, 1995; FRANCO *et al.*, 1995).

2.4- Alguns Aspectos sobre Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares

O conceito de diversidade de espécies possui dois componentes: (1) riqueza, baseada no número total de espécies presentes, e (2) equitabilidade, baseada na abundância relativa de espécies e no grau da sua dominância ou falta desta, ou seja, na repartição dos indivíduos entre as espécies (ODUM, 1983).

De acordo com KENNEDY & SMITH (1995), os estudos relacionando estrutura e função da microbiota devem focar mais a comunidade e não processo e organismos individuais como tem sido, além de enfatizar os efeitos de perturbações sobre o ecossistema e a adaptação da microbiota às mudanças.

As alterações na diversidade microbiana do solo podem ser bastante acentuadas em sistemas agrícolas baseados no uso intensivo de pesticidas, principalmente inseticidas de solo, nematicidas e fungicidas. Entretanto, não se sabe com clareza se estes impactos são deletérios para a manutenção do potencial produtivo dos solos. Acredita-se que práticas de menor impacto na biodiversidade resultarão em maior sustentabilidade para a agricultura.

A relação entre a diversidade de espécies e estabilidade é complexa, uma vez que ecossistemas estáveis promovem uma alta diversidade, mas o contrário não é necessariamente verdadeiro (VAN DOBLEN & LOWE-MCCONNELL, 1975, citados em ODUM, 1983). Muitos ecologistas se preocupam com o fato de que a redução na diversidade de espécies e na diversidade genética, que resulta de atividades antrópicas, esteja prejudicando a adaptabilidade futura, tanto nos ecossistemas naturais como nos agroecossistemas (ODUM, 1983).

Em estudo recente, BUYER & KAUFMAN (1996), verificaram que práticas da agricultura convencional de alto insumo no sistema de rotação milho-soja podem manter altos índices de diversidade microbiana na rizosfera do milho, sendo esta diversidade igual a de plantas de sistemas de baixo insumo com leguminosas ou esterco de curral. Por outro lado, o cultivo do solo aumenta a densidade de esporos totais, aumenta a dominância e reduz a diversidade de fungos Glomales em solos de cerrado do Brasil (SIQUEIRA *et al.*, 1989).

Isso evidencia as dificuldades de estabelecer relações entre a estrutura e função da microbiota do solo e de permitir comparações entre sistemas diferentes. No entanto, deve-se considerar que os efeitos negativos de mudanças no habitat tendem a ser quantitativamente pequenos onde populações interagentes têm história evolucionária comum; isto limita explosão populacional e garante novo equilíbrio, o que é referido como tampão biológico do solo (SIQUEIRA & MOREIRA, 1997).

O conhecimento atual dos FMAs permite fazer generalizações amplas sobre os tipos, organismos, mecanismos de formação, anatomia e função do órgão simbiótico (SMITH, 1995), mas as maneiras pelas quais as

micorrizas afetam espécies de plantas e a dinâmica das comunidades e seu uso em larga escala na produção agrícola e conservação ambiental, são grandes desafios (ALLEN, 1996). Mesmo que a avaliação das reais funções e contribuições das micorrizas no ecossistema não possam ser determinadas com segurança, o interesse pelos fungos micorrízicos atingiu um nível que qualquer discussão sobre produção e biotecnologia agrícola que não considera a simbiose com este organismo, é incompleta (SIQUEIRA & MOREIRA, 1997).

A maior frequência de esporos de algumas espécies em uma população de FMAs indígenas de um dado ambiente natural, parece ser uma constante (LOPES *et al.*, 1983; SIQUEIRA *et al.*, 1987). O que reforça a hipótese de haver uma forte influência da planta hospedeira na produção de esporos de fungos micorrízicos (PELLET & SIEVERDING, 1986). É possível entretanto, em função de não haver ainda uma padronização quanto ao número de amostras necessária para um completo levantamento de espécies presentes em um dado agroecossistema que algumas destas não seja recuperada (TEWS & KOSKE, 1986; BERBARA, 1989).

2.5- Aspectos Agronômicos de Algumas Plantas Forrageiras e suas Interações com os Fungos Micorrízicos Arbusculares

As pastagens tropicais normalmente são cultivadas em solos com baixos níveis de nutrientes, em especial N e P. No caso das leguminosas forrageiras, o nitrogênio pode ser obtido através da fixação biológica de N₂, enquanto que para o fósforo, os FMAs auxiliam a sua absorção (SOUTO *et al.*, 1992). Outros estudos mostram que leguminosas forrageiras, além de

serem virtualmente auto-suficientes em relação ao N, quando consorciadas com gramíneas, podem transferir através de FMAs a essas plantas, grande quantidade desse elemento (BURITY *et al.*, 1989; BOLLER & NOSBERGER, 1988; HEICHEL & HENJUM, 1991). O papel benéfico das leguminosas forrageiras, decorrente da capacidade dessas plantas em fixar o nitrogênio atmosférico, reduzindo ou dispensando a adubação nitrogenada, constitui um dos métodos mais importantes e econômicos de adicionar nitrogênio ao sistema solo-planta-animal (SÁ & VARGAS, 1997). A introdução de leguminosas forrageiras representa, também, uma forma de elevar a fertilidade do solo, através da incorporação anual de grande quantidade de nitrogênio, com a consequente estimulação na reciclagem de outros nutrientes (CRUSH *et al.*, 1983). Por outro lado, as leguminosas perenes também são promissoras para restauração de solos empobrecidos e erodidos, visto que não só os protege, como participam, de forma expressiva, da ciclagem de nutrientes (MONEGAT, 1991).

O êxito do estabelecimento e manutenção das leguminosas forrageiras nas pastagens pode depender das associações micorrízicas (HUANG *et al.*, 1983a). Algumas espécies de leguminosas tropicais apresentam o crescimento extremamente limitado na ausência de micorrizas, ao passo que, as gramíneas são menos responsivas à inoculação com FMAs (SIEVERDING & SAIF, 1984; SOUTO *et al.*, 1992). Por outro lado, encontra-se poucas informações sobre associações de FMAs específicos com grupos ou espécies de planta, entretanto, alguns autores relatam associações micorrízicas com espécies forrageiras, especialmente com leguminosas, que não apresentam colonização e esporulação na rizosfera de outras espécies de plantas, em condições de solo semelhantes

(SOUTO *et al.*, 1992). Entretanto, não se pode atribuir isso a especificidade, e sim a um indicativo de associações preferenciais entre os simbioses, o que reflete de forma positiva nos aspectos agronômicos, habilidade competitiva e potencial de inoculação para condições de solo específicas (SIEVERDING, 1991).

Como a produção de inoculantes de FMAs está restrita a métodos que envolvem o crescimento conjunto da planta e do fungo associado, a disponibilidade de inóculo efetivo e em quantidade, a baixos custos, é o ponto crítico na tecnologia de inoculação (BAGYARAJ, 1991).

O conhecimento dos fatores que limitam o uso, em grande escala, de FMA e a necessidade de estudos que viabilizem a multiplicação e a seleção de propágulos efetivos em condições de campo (SIEVERDING, 1989), justificam a procura de manejos de cultura e de solo mais eficientes para as condições tropicais. Dessa forma, a utilização de pré-cultivos ou sistema de rotação tem se mostrado uma alternativa viável para elevar o potencial de inóculo de populações de fungos nativos (HARINIKUMAR & BAGYARAJ, 1988).

As prática da adubação verde, notadamente com leguminosas, vem crescendo a cada ano, face ao grande potencial de produção de fitomassa, rusticidade e capacidade de fixar N_2 atmosférico, além de outras vantagens tais como controle biológico, melhoria das características físicas e químicas do solo e a ciclagem de nutrientes (DE-POLLI *et al.*, 1988). Dentro deste contexto, a identificação de plantas com potencial para adubação verde deveria também considerar as mudanças relacionadas ao potencial de inóculo dos FMAs de forma a beneficiar a cultura subsequente.

A colonização radicular em forrageiras pode apresentar características diferenciadas. MILLER *et al.* (1979) citados por SOUTO *et al.* (1992), encontraram 74% em bermuda, 65% em centrosema, 60% em *Braquiaria plantaginea*, 40 % em *B. decumbens* e 45 % *Panicum virgatum*. Os mecanismos que controlam a colonização micorrízica parecem envolver sinais moleculares que participam do estímulo ao crescimento do tubo germinativo e no reconhecimento entre os simbioses (SOUTO *et al.*, 1992). Os flavonóides oriundos dos exudados radiculares, especialmente de leguminosas forrageiras, podem atuar como indutores de genes ou conjunto de genes que controlam a capacidade infectiva dos FMAS, sendo mantidos sob o controle da planta como forma de sobrevivência (SIQUEIRA, 1991).

3- Material e Métodos

3.1- Localização e Caracterização do Local de Coleta das Amostras do Material de Solo e da Instalação dos Experimentos

Amostra de material de solo foi coletada em uma praça de sedimentos de um corte de estrada intensamente erodido, originada de um Podzólico Vermelho (Projeto RadamBrasil, IBGE 1983), proveniente do município de Barra do Piraí-RJ.

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação no Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia EMBRAPA/CNPAB, Seropédica-RJ, localizada à 22°46' de latitude sul e 43°41' de longitude oeste, com altitude de 33 metros e clima AW segundo Köppen.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em arranjo fatorial de 10 espécies de plantas x 3 fontes de inóculo de FMAs com 4 repetições.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes preliminares para verificar a normalidade e homogeneidade de variância, sendo analisados estatisticamente através da análise da variância, avaliando-se o efeito de cada fator isoladamente e da interação entre eles. Quando o teste F de

Fischer-Snedecor foi significativo para a interação, a mesma foi desmembrada e o teste de Tukey ($p < 0,05$) foi aplicado para comparar as médias entre os tratamentos.

3.2- Avaliação Física, Química e Biológica do Material de Solo Utilizado nos Experimentos

A amostra do material de solo foi seca, destorroada e passada em peneira com malha de 4 mm, sendo analisado física, química e biologicamente. A análise granulométrica revelou: 39% de areia, 9% de silte e 52% de argila, e a química apresentou os seguintes valores: pH em água (1:2,5) 5,4; Al^{+3} : 1 mmol/dm³; Ca^{+2} : 8 mmol/dm³; Mg^{+2} : 12 mmol/dm³; P: 12,8 mg/dm³; K^{+} : 48,1 mg/dm³; M.O.: 0,14 g/dm³; N: 0,19 g/dm³. As análises foram realizadas de acordo com os métodos preconizados pela EMBRAPA/SNLCS (1979).

Evidenciou-se também a presença de materiais primários. No local e época de coleta do material de solo, a vegetação era composta por sapê (*Imperata brasiliensis* Trin.) e capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. De Beauv.).

A avaliação da população de FMAs presente no material de solo foi feita através da extração dos esporos pelo método de decantação e peneiramento por via úmida (GERDEMANN & NICOLSON, 1963), seguida por centrifugação em sacarose (DANIELS & SKIPPER, 1982). A identificação das espécies de FMAs foi baseada nas características morfológicas dos esporos (MORTON, 1988) de acordo com chave proposta por SCHENCK & PÉREZ (1987).

3.3- Instalação e Condução dos Experimentos

Foram montados três experimentos: O primeiro teve por objetivo avaliar o estabelecimento dos FMAs exóticos por diferentes gramíneas e leguminosas e seus efeitos sobre as espécies de FMAs indígenas. O segundo foi um bioensaio para avaliar a capacidade infectiva de FMAs exóticos e indígenas após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas. E o terceiro avaliou a efetividade para leucena dos FMAs exóticos e indígenas após o cultivo de gramíneas e leguminosas.

A avaliação do estabelecimento dos FMAs exóticos foi baseada na colonização radicular (transformada por arco seno $\sqrt{x/100}$), no número de esporos (transformado por $\log x + 1$) encontrados nas rizosferas, no índice de equitabilidade (Pielou), na nutrição de N e P e no desenvolvimento de diferentes gramíneas e leguminosas (experimento 1). A capacidade infectiva de FMAs exóticos e indígenas após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas foi baseada na extração e identificação dos esporos de FMAs (experimento 2). A efetividade para leucena dos FMAs foi avaliada através da medição da altura do caule (cm) e o diâmetro do colo (mm) das plantas aos 90 e 120 DAP (experimento 3).

3.4-Instalação do Primeiro Experimento

No experimento 1, cultivou-se durante 100 dias (fevereiro a maio de 1997) as gramíneas: braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf); milheto (*Pennisetum glaucum* L.); sorgo (*Sorghum bicolor* L.); e as leguminosas: crotalária (*Crotalaria juncea* L.); mucuna cinza (*Mucuna pruriens* Steph &

Bart); amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory); desmódio (*Desmodium ovalifolium* Wall); estilosantes (*Stylosanthes guianensis* Aubl.); kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides* Benth & Hook) e soja perene (*Neonotonia wightii* Lackey).

Utilizou-se vasos com 5 kg de material de solo não desinfestado e adubado com rocha fosfática Araxá 5,5 g/kg de amostra (MANJUNATH *et al.*, 1989). O fosfato apresentou 4% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico a 2% e 24% de P_2O_5 total. Aplicando-se também enxofre (S) na forma de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ equivalente a 57,7 kg/ha e os micronutrientes (solução Hoagland). Os potes com gramíneas também receberam o equivalente a 80 Kg/ha de N, através de solução 1M de NH_4NO_3 , aplicados aos 25, 45 e 60 dias após a emergência (DAE). E esta mesma solução aos 7, 14 21, 28, 35 e 42 DAE no experimento 2.

As sementes do estilosantes, kudzu tropical, e da soja perene, utilizadas no (experimento 1) e a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) utilizada no (experimento 3) foram escarificadas com H_2SO_4 concentrado por 5 minutos. Com exceção da braquiária, que foi desinfestado com hipoclorito de sódio a 5%, as sementes das outras espécies foram tratadas com (H_2O_2) 29,32% por 3 minutos. As sementes foram pré-germinadas em câmara de germinação à 25° C com umidade controlada até a emissão das radículas, quando foram transplantadas para os potes definitivos.

Os inóculos de FMAs exóticos foram produzidos em braquiária cultivada em casa de vegetação durante 5 meses em substrato de 1:1 (Solo Podzólico Vermelho e Areia). As fontes de inóculo de FMAs foram: (1) não inoculado, o solo contendo apenas as espécies nativas (*Acaulospora*

rugosa Morton, *Entrophospora colombiana* Epain & Schenck, *Glomus macrocarpum* Tul & Tul, e *Gigaspora margarita* Becker & Hall), com 465 esporos/100g de amostra; (2) 100g de inóculo de solo (solo, raízes colonizadas e esporos) de *Gigaspora margarita* que apresentou 490 esporos e (3) *Glomus clarum*, com 4300 esporos, ambos inoculados a 5 cm da superfície no plantio. As leguminosas foram inoculadas com rizóbio específico (1ml/pote na forma líquida colocado sobre as sementes pré-germinadas) da coleção de culturas da EMBRAPA/CNPAB. Aos 20 DAE, realizou-se o desbaste permanecendo 2 plantas por unidade experimental.

3.5- Avaliação do Experimento 1 e Retirada de Amostras do Material de Solo para Instalação dos Experimentos 2 e 3

Após o cultivo das gramíneas e leguminosas, o material de solo de cada pote foi dividido em duas partes iguais. Uma foi utilizada para avaliar a capacidade infectiva (experimento 2) e a outra para avaliar a efetividade para leucena dos FMAs (experimento 3). Em cada unidade experimental coletou-se amostras de terra e de raízes para quantificar a densidade de esporos e colonização radicular, conforme preconizado por COLOZZI-FILHO & BALOTA (1994). A extração dos esporos de FMAs foi realizada conforme método proposto por GERDEMANN & NICOLSON (1963), seguida por centrifugação em sacarose como recomenda DANIELS & SKIPPER (1982). As amostras de raízes foram coletadas e armazenadas em etanol 50% como recomendado por KOSKE & GEMMA (1989). Na determinação da colonização micorrízica, as raízes foram clarificadas e coradas com azul de metila (PHILIPS & HAYMAN,

1970 adaptado por ABBOTT & ROBSON, 1982). A avaliação do grau de infecção foi realizada em placa de Petri riscada e lupa com aumento de 40X, pelo método de interseção descrito por GIOVANNETTI & MOSSE (1980), expressando-se os resultados em comprimento de raiz colonizada.

3.6- Capacidade Infectiva (Bioensaio) de FMAs Exóticos e Indígenas após o Cultivo de Gramíneas e Leguminosas (Experimento 2)

O bioensaio foi composto de duas fases (THOMSON *et al.*, 1994), utilizando-se como planta indicadora o sorgo: Fase I, o sorgo foi germinado e crescido no material de solo oriundo do experimento 1, sem autoclavar; fase II, as plântulas de sorgo da fase I (com as espécies de FMAs), foram transplantadas para potes com o material de solo esterilizado, autoclavado por 2 vezes a 120°C e pressão de 1,5 kg/cm³ por 1 hora em dias alternados. As repicagens foram feitas a partir da data da emergência (DAE), adotando-se 6 épocas (7, 14, 21, 28, 35 e 42 DAE). Na repicagem as plântulas foram cuidadosamente retiradas, lavadas com água destilada para retirar partículas de solo aderidas, transplantando-se 2 plântulas/pote.

As plantas foram crescidas até a produção de grãos, aproximadamente 5 meses, quando colheu-se amostras para a identificação das espécies de FMAs nas diferentes épocas de exposição do sorgo ao material de solo com os propágulos infectivos de FMAs. A capacidade infectiva dos FMAs foi baseada na presença ou ausência de esporos após o

cultivo da fase II (THOMSON *et al.*, 1994). Na identificação das espécies de FMAs foram adotados os mesmos critérios e técnicas já citados.

3.7- Efetividade para Leucena de FMAs Exóticos e Indígenas após o Cultivo de Diferentes Gramíneas e Leguminosas (Experimento 3)

O delineamento experimental obedeceu o arranjo estatístico do experimento 1.

A efetividade dos FMAs exóticos e indígenas foi avaliada através das medidas do diâmetro do colo e da altura das plantas de leucena. Considerou-se para cada unidade experimental, a média das duas plantas, medidas aos 90 e 120 DAE.

Para que todas as unidades experimentais recebessem de forma homogênea os efeitos de luminosidade, temperatura e de umidade do ar, os potes foram mudados de local (dentro de cada bloco) de forma casualizada a cada 15 dias. Em todos os ensaios, as plantas foram irrigadas regularmente com água destilada evitando tanto o ressecamento quanto o excesso de umidade.

4- Resultados e Discussão

4.1- Densidade Inicial de Esporos dos Fungos Micorrízicos Arbusculares Indígenas

Em estudo preliminar no material de solo utilizado, foram encontrados 233 esporos/50cm³, entre os quais predominou *A. rugosa* com 119, seguido de *E. colombiana* apresentando 82 e *G. macrocarpum* 23, por fim detectou-se 9 esporos de *G. margarita*. As espécies do gênero *Acaulospora* predominam em ambientes com baixo pH, parecendo ser pouco influenciada pelo Al⁺³ ou H⁺ e parcialmente influenciado pelo P, esta característica mostra uma alta adaptabilidade desta espécie a essas condições (SCHENCK *et al.*, 1984; LAMBAIS & CARDOSO, 1988; SIQUEIRA *et al.*, 1989), em quiabo (BERBARA, 1989) e cafeeiros do Estado de São Paulo (LOPES *et al.*, 1983; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989).

O número total de esporos verificados é relativamente alto para as condições de campo, entretanto, por se tratar de um solo erodido, esse efeito estressante da degradação pode ter contribuído para tal valor. Este resultado é semelhante aos 222 encontrados em solo com trigo (HAYMAN, 1970), e

superior aos 68 em cafeeiro (LOPES *et al.*, 1983) e 21 em solo sob outras culturas (BONONI & TRUFEM, 1983; TRUFEM & BONONI, 1985). Provavelmente, a cobertura vegetal composta por sapê e capim gordura, também tenha favorecido a colonização do solo e aumentado o número de esporos dos FMAs, uma vez que a amostragem foi realizada em janeiro e as plantas estavam em fase reprodutiva, período que antecede a diminuição da atividade metabólica, e começam os estímulos à produção de esporos (IQBAL *et al.*, 1981). Esses mesmos autores verificaram aumento da esporulação na rizosfera de samambaia nesta fase do desenvolvimento vegetal. GEMMA & KOSKE (1988) também detectaram resultados semelhantes associados a vegetação de dunas. Da mesma forma, verifica-se acréscimos gradativos do número de esporos a partir do período chuvoso, seguido de decréscimo na época seca (GIOVANNETTI, 1985), embora essa variação sazonal possa ou não apresentar significância, dependendo da cultura e manejo empregado (MIRANDA & MIRANDA, 1997). A densidade de esporos não reflete necessariamente o potencial de inóculo ou a capacidade infectiva de um solo. O alto número de uma espécie caracteriza sua maior capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas dominantes (FERNANDES & SIQUEIRA, 1989).

4.2- Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos e Nutrição de Fósforo e Nitrogênio em Diferentes Gramíneas e Leguminosas

A comparação das médias apresentadas nas figuras, se referem as variáveis sem interação significativa (fonte de inóculo x planta), e nos quadros quando a interação foi significativa.

Em relação às fontes de inóculo não houve diferenças significativas para o P acumulado nas raízes (figura 01 A). E entre as espécies vegetais, a mucuna cinza apresentou o maior valor, seguido do amendoim forrageiro e da braquiária e o resultado mais baixo foi verificado para o milho, sendo que este não diferiu do sorgo, desmódio e estilosantes (figura 01 B).

Com relação ao P acumulado na parte aérea das plantas (quadro 01), verifica-se que a mucuna cinza incrementou a acumulação deste nutriente na presença dos FMAs exóticos, com destaque para o tratamento com o *G. clarum*. Esse resultado sugere que o *G. clarum* é eficiente em melhorar a nutrição fosfatada desta planta. Nas demais espécies vegetais as fontes de inóculo de FMAs não provocaram resultados distintos. Já no tratamento inoculado com *G. margarita*, além da mucuna cinza, que apresentou o maior valor, outras plantas tiveram resultados distintos, como a crotalária e o milho em comparação com o desmódio e a soja perene. Quando o *G. clarum* foi inoculado verificou-se diferenças, também, ao contrastar o milho com a braquiária, amendoim forrageiro, desmódio e a soja perene. Na fonte de inóculo que não foi introduzido FMAs exótico, a crotalária também diferiu do amendoim forrageiro, desmódio, estilosantes e da soja perene.

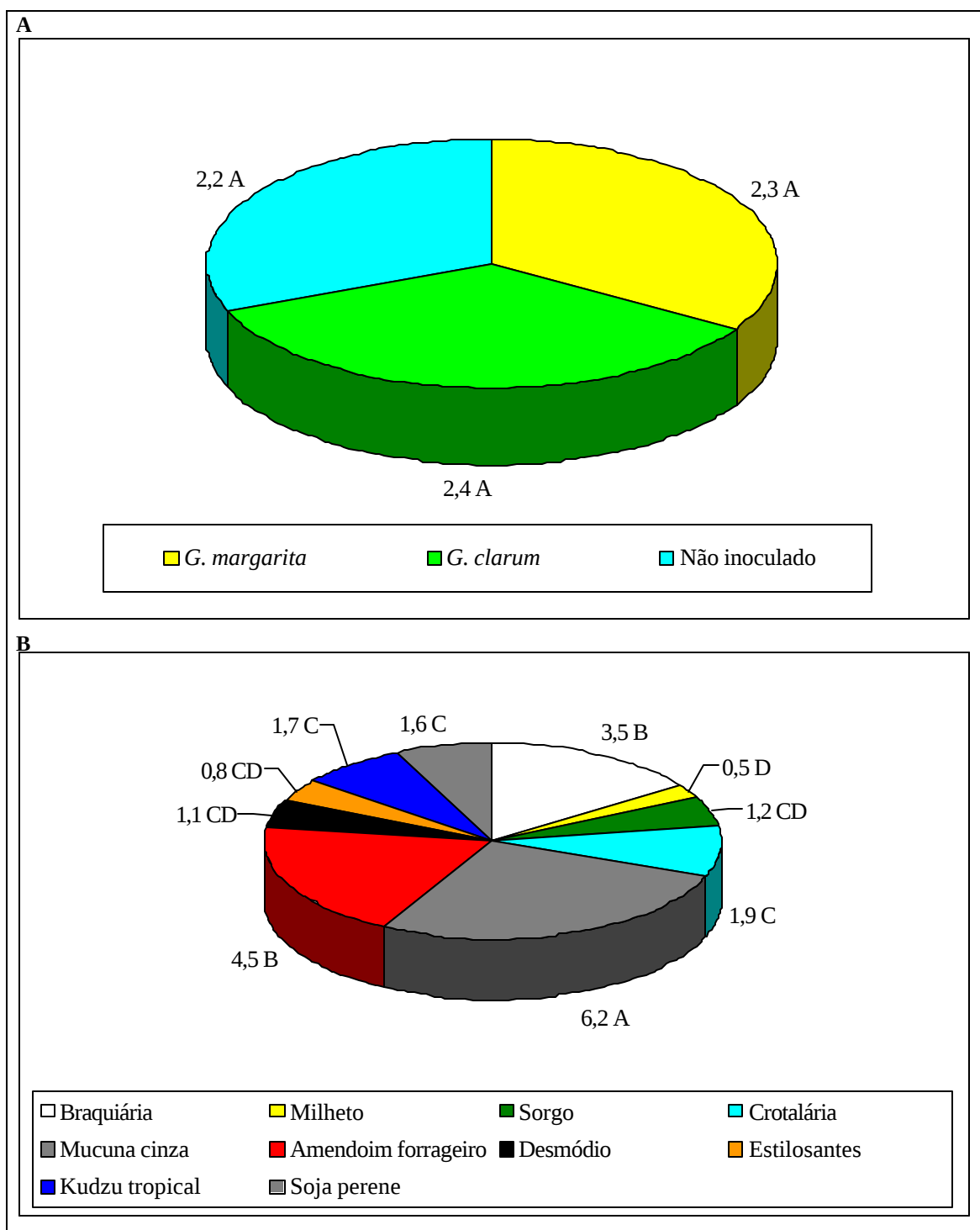


Figura 01. Fósforo acumulado (mg/planta) nas raízes de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 36%.

Quadro 01. Fósforo acumulado (mg/planta) na parte aérea de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Espécies vegetais	Fontes de inóculo de FMAs						Média geral	
	<i>G. margarita</i>		<i>G. clarum</i>		Não inoculado			
Braquiária	4,8	BCD a	4,9	C a	5,6	BCD a	5,0	DE
Milheto	7,5	B a	9,1	B a	6,7	BC a	8,0	B
Sorgo	6,9	BC a	5,7	BC a	5,3	BCD a	6,0	BCD
Crotalária	8,2	B a	5,8	BC a	8,6	B a	7,5	BC
Mucuna cinza	23,0	A b	26,6	A a	19,7	A c	23,0	A
Amendoim forrageiro	5,5	BCD a	4,9	C a	4,4	CD a	4,9	DE
Desmódio	3,4	CD a	3,6	C a	2,6	D a	3,2	EF
Estilosantes	4,8	BCD a	5,6	BC a	3,4	D a	4,6	DE
Kudzu tropical	5,9	BCD a	5,7	BC a	5,5	BCD a	5,7	CD
Soja perene	2,2	D a	2,6	C a	2,2	D a	2,3	F
Média geral	7,2	ab	7,5	a	6,5	b		

Coefficiente de variação = 23%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Como as espécies vegetais receberam o nitrogênio de origens diferentes, foram feitas duas análises estatísticas: uma entre as gramíneas e a outra entre as leguminosas. Nas gramíneas os dados indicam que a braquiária, seguida do sorgo acumularam nas raízes a maior quantidade de N, e na parte aérea não foram verificadas diferenças significativas (figura 02 B e figura 03 B). Comparando as fontes de inóculo de FMAs não verificou-se diferenças significativas em relação ao N acumulado tanto nas raízes, quanto na parte aérea das plantas (figura 02 A e figura 03 A).

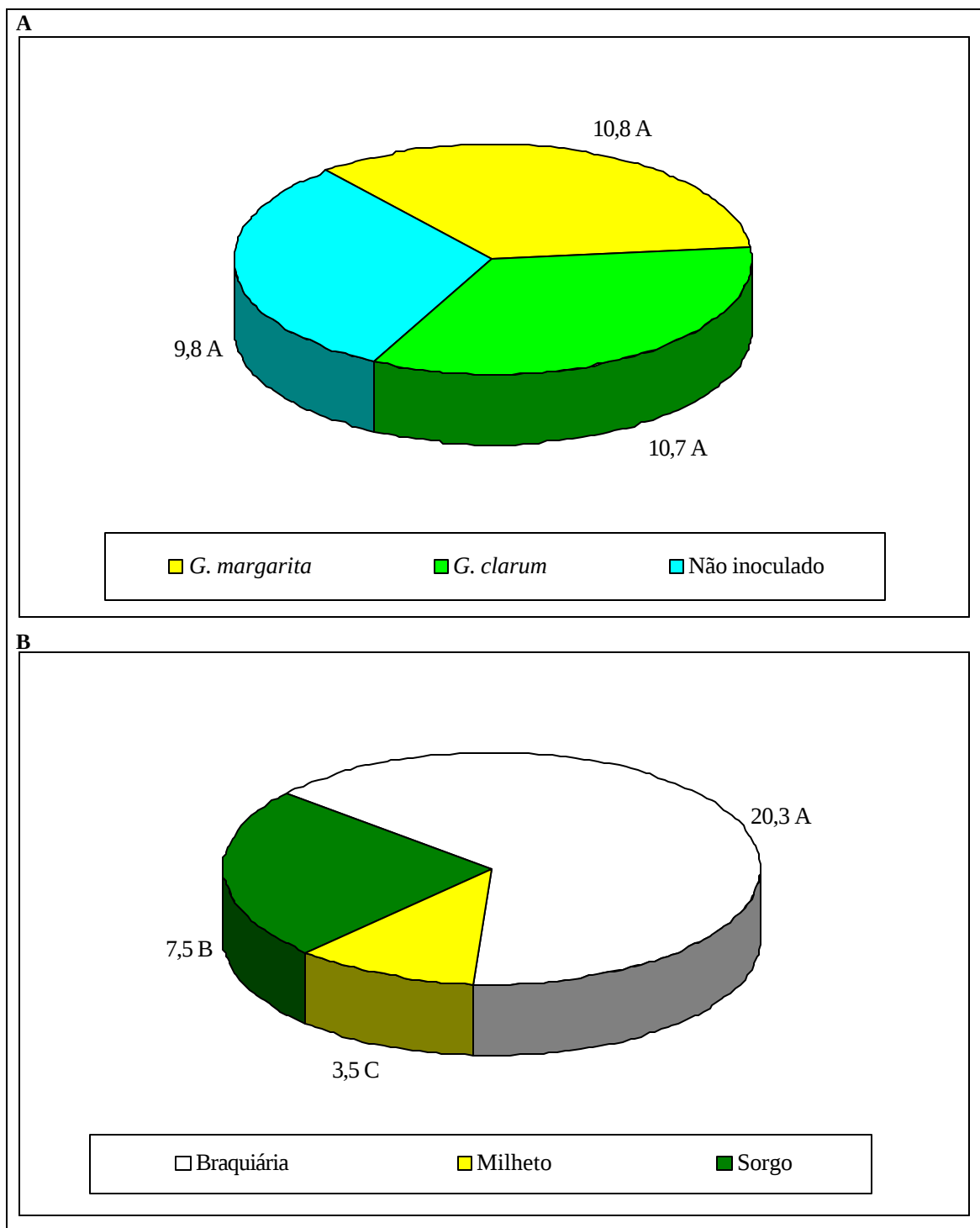


Figura 02. Nitrogênio acumulado (mg/planta) nas raízes de diferentes gramíneas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 36%.

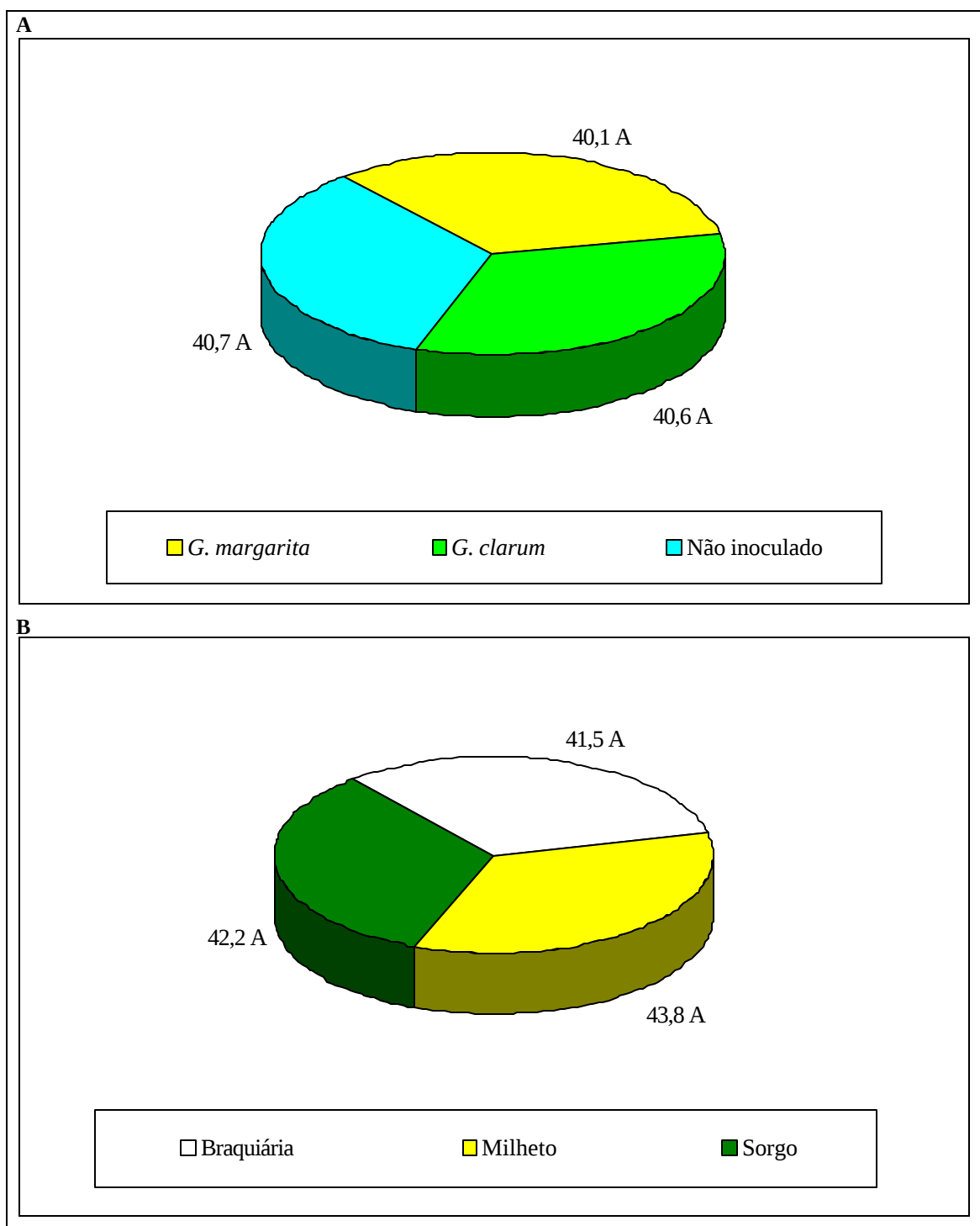


Figura 03. Nitrogênio acumulado (mg/planta) na parte aérea de diferentes gramíneas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 36%.

Os tratamentos com mucuna cinza, seguido por amendoim forrageiro foram superiores aos tratamentos com as demais leguminosas, da mesma forma que a crotalária apresentou resultado significativo em comparação com o estilosantes, com relação ao N acumulado nas raízes das plantas (figura 04 B). Entre as fontes de inóculo de FMAs, somente foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos inoculados com FMAs exóticos, destacando-se o *G. clarum* (figura 04 A). Na parte aérea, os resultados indicam que a mucuna cinza apresentou o maior acúmulo de N, seguida da crotalária, sendo que esta não diferiu do kudzu tropical e do estilosantes, já a soja perene apresentou o menor valor, porém não diferiu do amendoim forrageiro e do desmódio (figura 05 B). E ao contrastar as fontes de inóculo dos FMAs não detectou-se diferenças significativas (figura 05 A).

Os FMAs podem afetar diretamente o teor de N nas plantas através da absorção desse nutriente de fontes orgânicas ou inorgânicas pelas hifas (AMES *et al.*, 1983), ou indiretamente, através de relações sinérgicas com os microrganismos fixadores de nitrogênio atmosférico, principalmente, com o rizóbio (ALLEN, 1992). Nos trópicos, onde os solos são deficientes em N e P, a relação entre os FMAs e o rizóbio é de grande importância, pois a fixação biológica do nitrogênio, cuja eficiência depende de um balanço nutricional adequado na planta hospedeira, especialmente do P, pode depender também do “status” micorrízico da planta (DIEDERICHS, 1990). MIRANDA & MIRANDA (1997), encontraram em alguns dados experimentais acréscimo no teor de N na soja inoculada com *Glomus macrocarpum*. Entretanto, no solo natural com FMAs indígenas, esse efeito não ocorreu, evidenciando as diferenças desses efeitos entre espécies de FMAs.

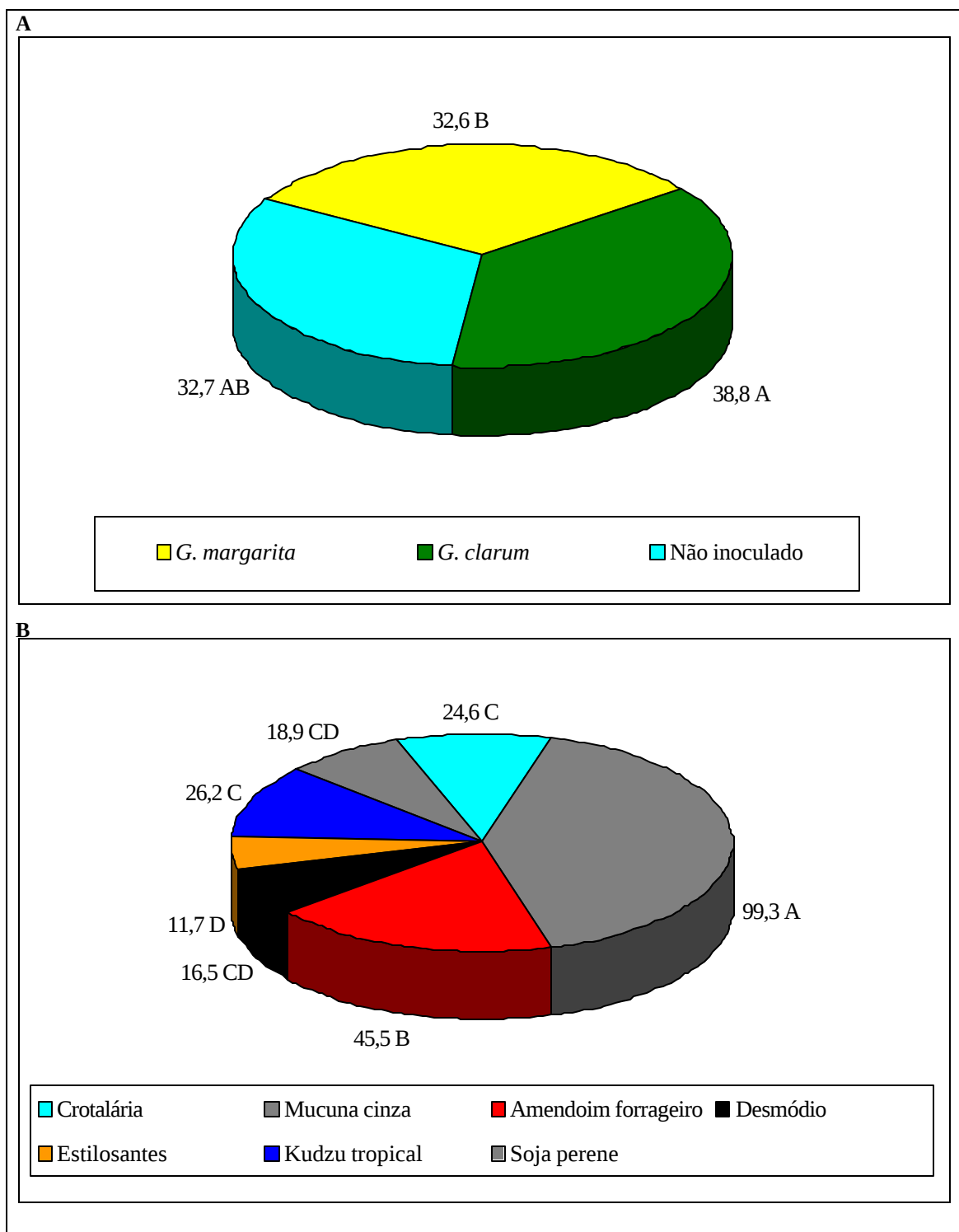


Figura 04. Nitrogênio acumulado (mg/planta) nas raízes de diferentes leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 28%.

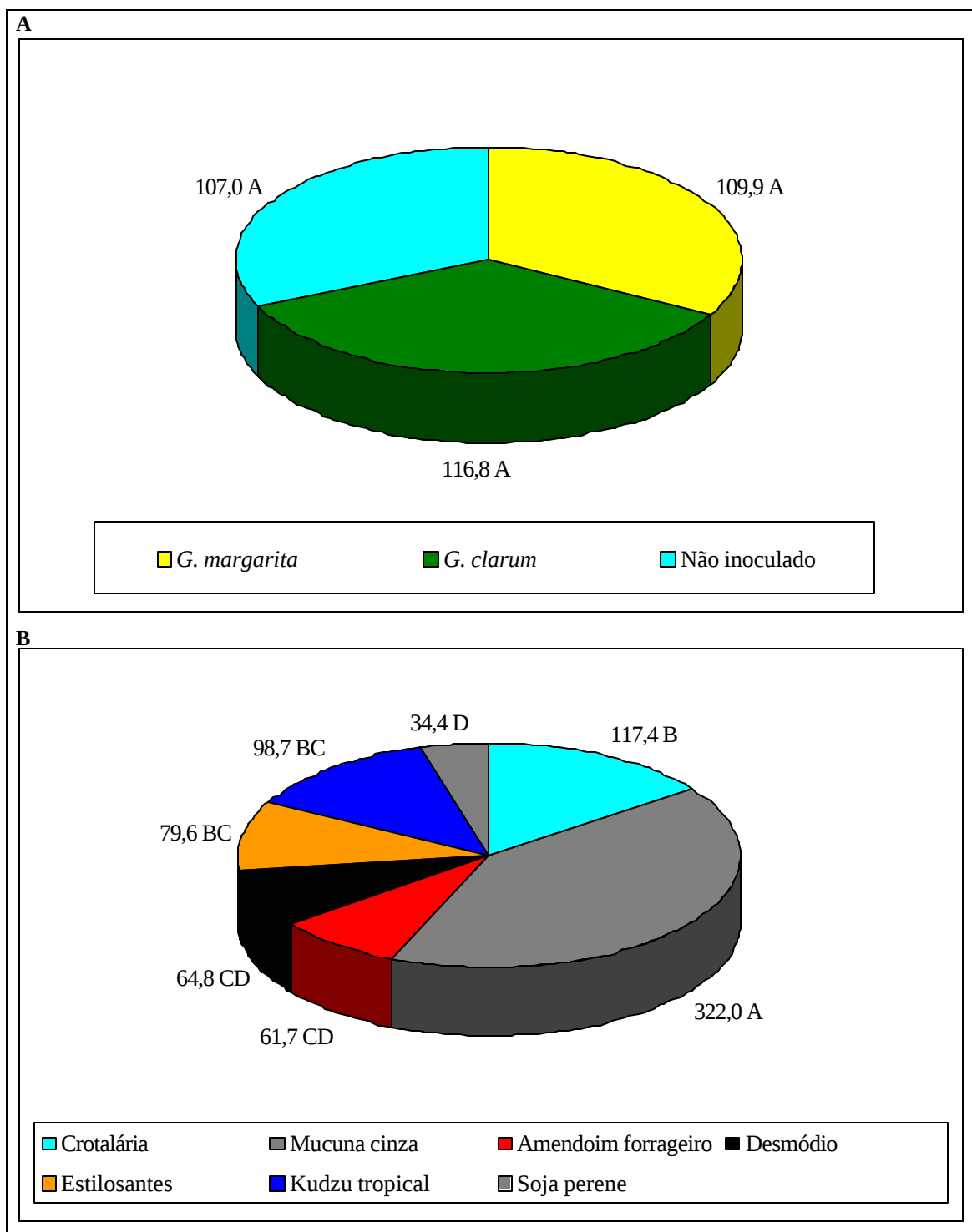


Figura 05. Nitrogênio acumulado (mg/planta) na parte aérea de diferentes leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 31%.

4.3- Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos e Desenvolvimento de Diferentes Gramíneas e Leguminosas

Em relação a produção de matéria radicular seca, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos inoculados e não inoculados com os FMAs (figura 06 A). Entretanto, ao considerar as espécies vegetais, verifica-se que a braquiária e a mucuna cinza foram as que obtiveram maior peso de massa radicular seca (figura 06 B).

Segundo MOSSE (1981), a eficiência simbiótica é afetada pelos fatores que controlam o alastramento do fungo no solo, pela translocação e liberação de fósforo na raiz do hospedeiro e pela patogenicidade latente do fungo. As características relacionadas com o grau de adaptação do fungo a um determinado hospedeiro depende de uma possível interação genética entre ele e seu simbionte (MOSSE, 1972), bem como do grau de dependência da espécie vegetal à associação micorrízica (LOPES *et al.*, 1983). Dessa forma, certos binômios hospedeiro-fungo são mais eficientes do que outros (POWELL & SITHAMPARATHAN, 1977), diferindo até mesmo ao nível de cultivar (SCHENCK *et al.*, 1975).

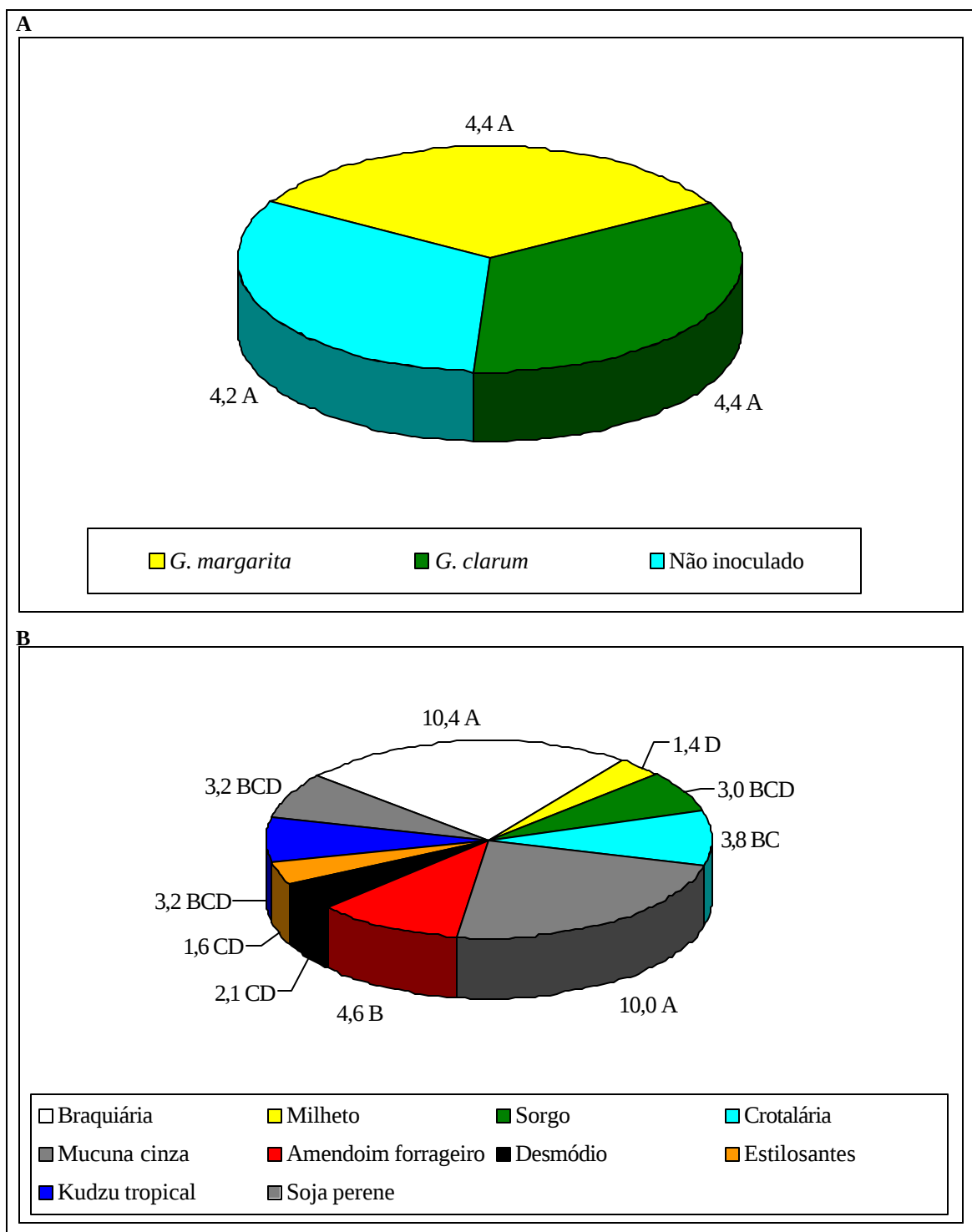


Figura 06. Massa radicular seca (g/pote) de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 13%.

Os resultados (figura 07 A), indicam que a introdução de FMAs exóticos promoveu incrementos no peso de nódulos das leguminosas, entretanto, apenas o *G. clarum* diferiu significativamente das espécies indígenas. Em relação às espécies de leguminosas, o melhor resultado foi obtido com mucuna cinza, seguido por kudzu tropical e crotalária (figura 07 B).

Os fungos micorrízicos favorecem a nodulação e fixação de N_2 , como resultado do incremento na nutrição de fósforo (BETHLENFALVAY & YODER, 1981), e outros nutrientes como o cobre, zinco, enxofre requeridos em quantidades mais elevadas pelas plantas devido ao processo de fixação biológica do N_2 (LOPES *et al.*, 1983). O fósforo é considerado o nutriente que mais limita o estabelecimento e desenvolvimento adequado das leguminosas, e a fixação do N_2 atmosférico, por ser encontrado em baixos níveis no solo (ROCHA, 1971).

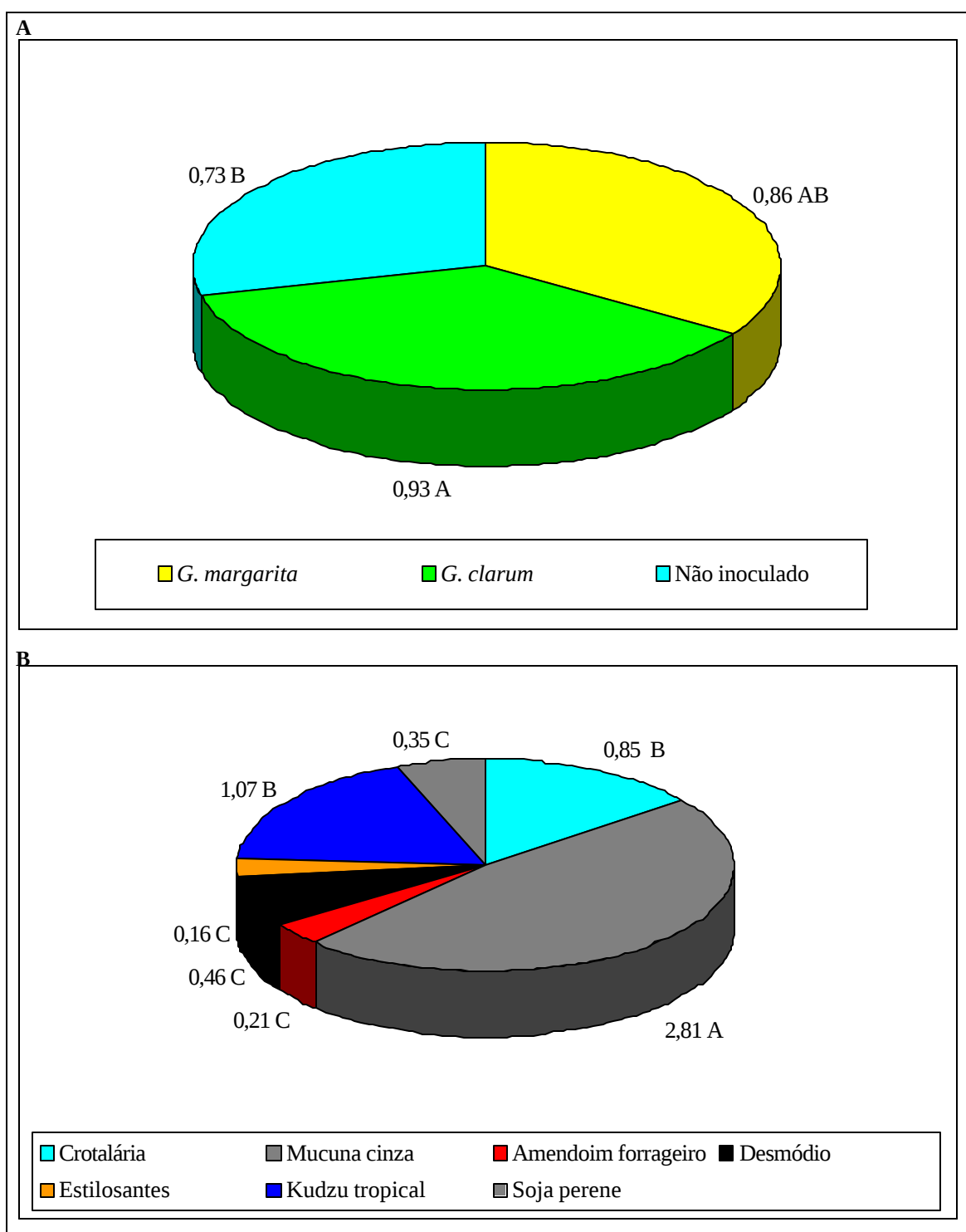


Figura 07. Massa nodular seca (g/pote) de leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticas e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 35%.

Pelos dados do quadro 02, nota-se que a mucuna cinza foi a espécie vegetal que produziu a maior quantidade de massa seca da parte aérea, e quando associada ao *G. clarum*, gerou o melhor resultado, entretanto, a crotalária sofreu redução na produção de biomassa na parte aérea quando associada a esta fonte de inóculo. Esse fenômeno mostra que as espécies vegetais se comportaram de forma diferenciada quanto aos fungos micorrízicos. Apesar de não haver especificidade, esse resultado indica que a introdução de uma espécie exótica de FMAs, pode trazer um efeito depressivo para o hospedeiro, como verificado em crotalária inoculada com *G. clarum*.

Quadro 02. Massa da parte aérea seca (g/pote) de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Espécies vegetais	Fontes de inóculo de FMAs									Média geral	
	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado				
Braquiária	14,3	B	a	14,1	B	a	15,2	B	a	14,5	B
Milheto	7,6	CD	a	6,8	CD	a	7,2	CD	a	7,2	D
Sorgo	10,5	BC	a	9,6	BCD	a	9,6	BC	a	9,9	CD
Crotalária	12,3	BC	ab	11,0	BC	b	16,0	B	a	13,1	BC
Mucuna cinza	35,7	A	b	43,5	A	a	32,5	A	b	37,3	A
Amendoim forrageiro	7,7	BCD	a	6,8	CD	a	7,1	CD	a	7,2	D
Desmódio	7,8	BCD	a	9,0	BCD	a	7,0	CD	a	7,9	D
Estilosantes	8,2	BCD	ab	11,6	BC	a	4,6	CD	b	8,1	D
Kudzu tropical	10,4	BC	a	11,1	BC	a	11,1	BC	a	10,9	BCD
Soja perene	3,0	D	a	3,9	D	a	2,9	D	a	3,3	E
Média geral	11,7		a	12,8		a	11,3		a		

Coeficiente de variação = 10%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

LOPES *et al.* (1983a), não verificaram benefício com a inoculação de *G. macrocarpum*, mas aumentos significativos na produção de matéria seca

da parte aérea e das raízes de plantas de café ao inocular *G. margarita*. Portanto para os resultados de massa da parte aérea seca, de um modo geral as diferenças devam ser atribuídas aos fatores genéticos, com exceção para mucuna cinza, estilosantes e crotalária que foram influenciados pelas fontes de inóculo.

De acordo com os resultados de nutrição e desenvolvimento vegetal aqui apresentados, pode-se inferir que, mesmo com a ocorrência generalizada dos FMAs na maioria das espécies vegetais (GERDEMANN, 1968), a amplitude do benefício que uma dada espécie de fungo pode causar, é variável de acordo com o hospedeiro. Assim, mesmo não havendo especificidade hospedeira, os fungos micorrízicos mostram diferenças quanto à eficiência, compreendida como o grau de incremento nutricional ou outro benefício para as plantas (MOSSE, 1975). Na literatura é possível encontrar muitos trabalhos demonstrando as diferenças na eficiência de diversos FMAs nos mais variados hospedeiros (CARLING & BROWN, 1980; CARDOSO *et al.*, 1986).

Os principais objetivos das pesquisas na área de eficiência micorrízica visam a inoculação artificial em áreas agrícolas, visando substituir a população autóctone por outra mais eficiente (LOPES *et al.*, 1986). Contudo, o sistema solo-planta está sujeito a grandes variações, causando interações complexas e exigindo que cada situação específica seja analisada, de forma a obter o máximo desempenho da simbiose (CARDOSO *et al.*, 1986). Tem sido verificado também que nem sempre o endófito que se mostra mais eficiente em promover o crescimento, produção, absorção de nutriente, nodulação e fixação de N_2 apresenta maior colonização das raízes (MIRANDA, 1982). A observação de que certos endófitos formam

associações preferenciais com determinado hospedeiro (MOSSE, 1972), se tornou evidente, não apenas a nível de espécie de planta hospedeira, mas também de cultivar, como verificado por SCHENCK *et al.* (1975) em soja, HALL (1978) em milho, HALL *et al.* (1977) em *Tritifolium repens*, MENGE *et al.* (1978) em citrus.

4.4- Estabelecimento de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos por Diferentes Gramíneas e Leguminosas

De acordo com MOSSE (1973), o aumento na absorção de fósforo e no crescimento do hospedeiro, são os principais efeitos do estabelecimento de uma associação micorrízica.

No quadro 03 encontram-se os dados referentes a colonização radicular das espécies vegetais. Com a introdução dos FMAs exóticos, nota-se que os sistemas radiculares do milheto, sorgo e da crotalária apresentaram os maiores graus de colonização. Entretanto, no tratamento inoculado com *G. margarita*, a crotalária não diferiu da mucuna cinza e soja perene, e no inoculado com *G. clarum*, o sorgo também não diferiu da soja perene. Quando somente estiveram presentes os fungos indígenas, verificou-se que com exceção do milheto e do amendoim forrageiro, as demais plantas equivaleram-se à crotalária. Por outro lado, ao comparar-se as fontes de inóculo, os FMAs exóticos superaram os nativos, apesar de ter sido detectado apenas diferenças significativas na rizosfera de milheto, sorgo e da crotalária. Na rizosfera da crotalária, o tratamento com *G. clarum* apresentou o grau de colonização mais elevado. Entretanto, esse efeito ocorreu paralelamente à redução da massa seca da parte aérea (quadro 02).

Quadro 03. Colonização radicular (cm/m) de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Espécies vegetais	Fontes de inóculo de FMAs									Média geral	
	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado				
Braquiária	40	BC	a	41	CDE	a	30	ABC	a	37	CD
Milheto	63	A	ab	75	A	a	48	A	b	62	A
Sorgo	66	A	a	67	AB	a	37	AB	b	57	AB
Crotalária	49	AB	b	66	AB	a	29	BC	c	48	BC
Mucuna cinza	37	BCD	a	41	CD	a	33	AB	a	37	CD
Amendoim forrageiro	12	E	a	12	F	a	10	D	a	11	F
Desmódio	24	DE	a	24	EF	a	21	BCD	a	23	E
Estilosantes	21	DE	a	24	DEF	a	16	CD	a	20	E
Kudzu tropical	25	CD	a	30	CDE	a	26	BC	a	27	DE
Soja perene	34	BCD	a	44	BC	a	37	AB	a	39	C
Média geral	37		b	42		a	29		c		

Coeficiente de variação =12%

Valores seguidos de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De acordo com os resultados apresentados no quadro 04, no tratamento onde houve a introdução de *G. margarita*, a esporulação desta espécie na rizosfera de sorgo foi superior as encontradas na rizosfera das leguminosas, com exceção da mucuna cinza e do estilosantes, da mesma forma que em soja perene, o número de esporos foi menor do que, mucuna cinza, braquiária e milheto. Por outro lado, deve-se ressaltar que diante da impossibilidade de separar a espécie introduzida da nativa, as médias representam o somatório de ambas. Com a introdução de *G. clarum*, a esporulação de *G. margarita* nativa foi maior na rizosfera do kudzu tropical, quando comparada com a braquiária, milheto e estilosantes. Quando estiveram presentes apenas as espécies nativas, registra-se que o sorgo diferiu apenas do milheto, da soja perene e do estilosantes.

Quadro 04. Número de esporos de *G. margarita* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

	Fontes de inóculo de FMAs										
Espécies vegetais	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado		Média geral		
Braquiária	154	ABC	a	3	D	c	23	BC	b	60	CDE
Milheto	143	ABC	a	4	CD	c	13	CD	b	53	DE
Sorgo	202	A	a	18	AB	b	39	AB	b	86	AB
Crotalária	63	BCD	a	19	AB	b	35	AB	a	39	BCD
Mucuna cinza	162	AB	a	24	AB	b	82	A	a	89	A
Amendoim forrageiro	55	CD	a	18	AB	b	17	BC	b	30	CDE
Desmódio	55	BCD	a	15	AB	b	14	BC	b	28	CDE
Estilosantes	67	ABCD	a	9	BC	b	5	D	b	27	E
Kudzu tropical	64	BCD	a	36	A	ab	24	BC	b	41	ABC
Soja perene	31	D	a	18	AB	ab	13	CD	b	21	DE
Média geral	100		a	16		c	26		b		

Coefficiente de variação = 8%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Esse resultado, e os verificados no item anterior, indicam que o estágio fisiológico destas plantas pode estar diretamente ligado aos estímulos à esporulação, uma vez que as espécies de planta em questão estavam em fase de acúmulo de matéria seca nos grãos (BERBARA & FONSECA, 1996).

Ao inferir sobre as fontes de inóculo, nota-se que a *G. margarita* nativa foi influenciada de forma negativa pela introdução do *G. clarum*, com destaque para as rizosferas da braquiária, do milho, da crotalária e da mucuna cinza. Isto sugere que as diferentes espécies fúngicas podem apresentar efeito sinérgico ou antagônico, dependendo do ambiente e/ou hospedeiro.

Na maioria dos solos, os FMAs são de ocorrência generalizada, e para que uma planta responda à inoculação, o solo a ser inoculado deverá ter um baixo potencial de inóculo, ou ainda conter espécies que apresentem

efetividade menor do que o fungo exótico a ser introduzido (ABBOTT & ROBSON, 1982). O fungo introduzido também deve ter a capacidade de infectar, colonizar e multiplicar-se nas raízes do hospedeiro e competir com os FMAs indígenas. Desse modo, a otimização dos FMAs na agricultura estaria ligada a duas alternativas. A primeira seria introduzir espécies exóticas selecionadas como eficientes, enquanto a segunda procura identificar espécies isoladas do próprio agroecossistema onde se pretende explorar a micorrização (ABBOTT & ROBSON, 1982).

BALOTA & LOPES (1996), ao inocular *G. margarita* em ambiente com uma cultura de café e com baixa população nativa dessa espécie, verificaram um incremento na população cinco anos após a introdução, sugerindo uma alta capacidade de disseminação dessa espécie, sendo portanto viável a introdução desse fungo exótico nas condições de campo estudadas. Também foram encontrados esporos de *Scutellospora heterogama* três anos após sua introdução com *Digitaria decumbens* em condições de campo (SCHRODER *et al.*, 1981). Por outro lado, POWELL (1979) observou baixa capacidade de disseminação de *G. margarita* por raízes de plantas mesmo na ausência de competidores, enquanto que *Glomus tenuis* foi mais eficiente nesse aspecto. O mesmo autor afirma que a população nativa de um solo pode limitar muito a disseminação de espécies exóticas.

Os resultados da figura 08 indicam que houve acréscimo no número de esporos de *G. margarita*, independente da espécie vegetal, enquanto que a introdução de *G. clarum* associado a rizosfera da braquiária e do milheto reduziu o número de esporos desta espécie. Com relação ao número de

esporos antes do cultivo, no tratamento não inoculado, somente verificou-se redução no estilosantes.

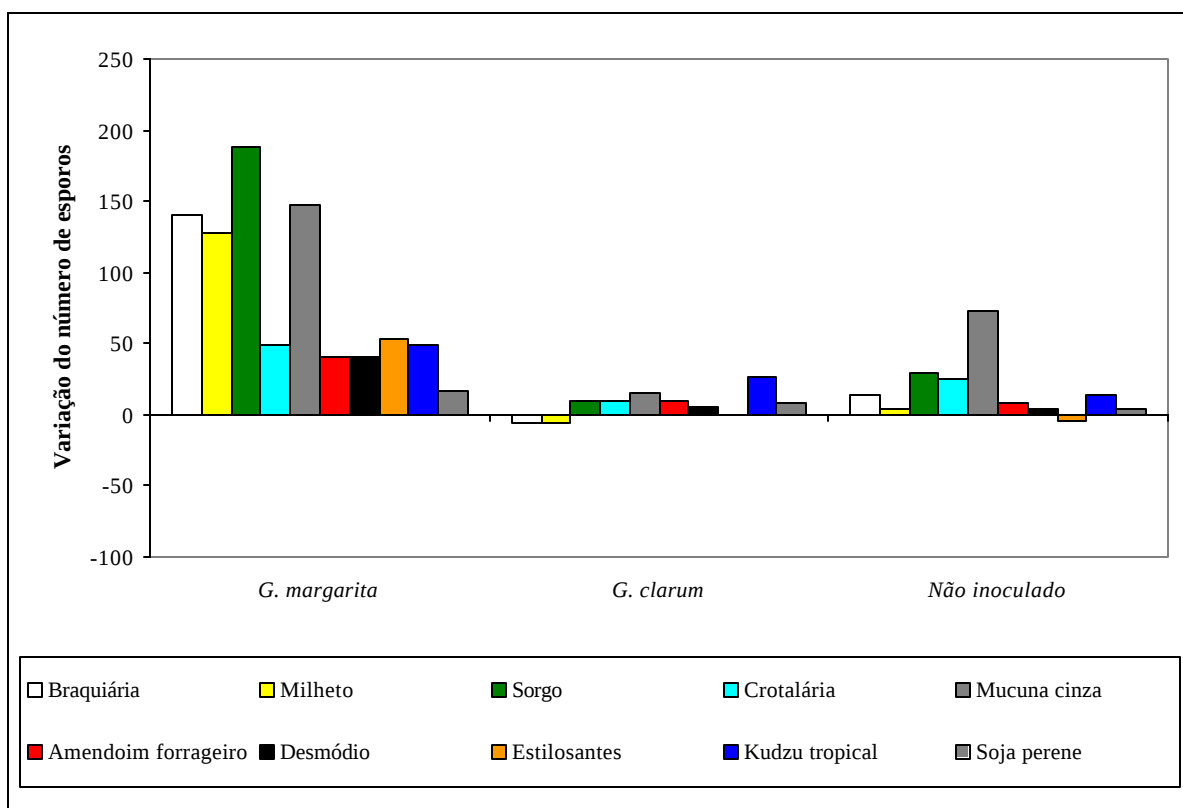


Figura 08. Variação (final-inicial) do número de esporos de *G. margarita* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exótico e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Este resultado sugere que tanto a *G. margarita* exótica quanto a indígena apresentam boa capacidade de estabelecimento e esporulação com as espécies vegetais aqui estudadas. Entretanto, nota-se que a espécie indígena não se expressou bem na presença do *G. clarum*, principalmente quando

associado ao estilosantes, braquiária e milho, podendo-se evidenciar uma diferença entre a *G. margarita* indígena e a exótica.

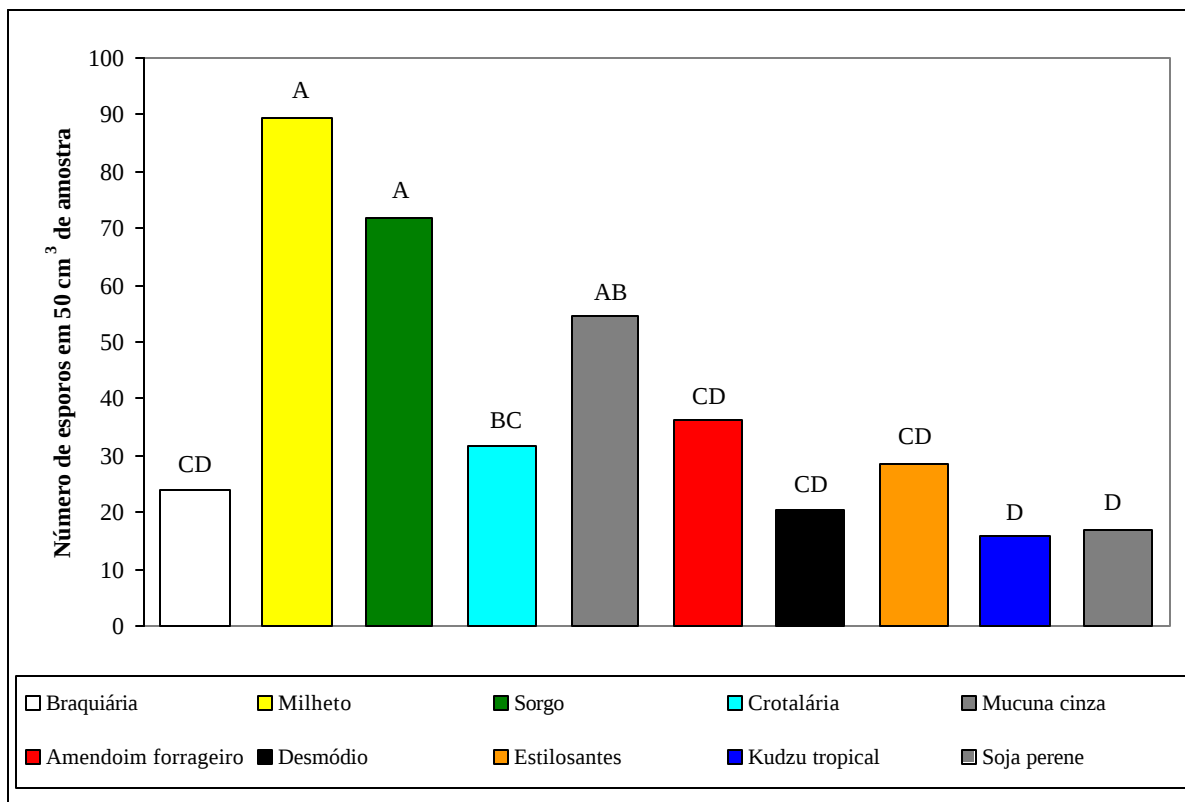


Figura 09. Número de esporos de *G. clarum* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Colunas com mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 8%.

Através da figura 09, verifica-se que o *G. clarum* apresentou maior esporulação quando associado ao milho, ao sorgo e a mucuna cinza. Em outros estudos, foram encontrados esporos de *Glomus caledonius* e *Glomus mosseae* na rizosfera de alfafa 21 meses após sua inoculação (MOSSE *et al.*, 1982). SIQUEIRA *et al.* (1986), verificaram que espécies do gênero *Glomus*

apresentaram maior taxa de colonização radicular e ocorrência natural em faixas de pH próximo do neutro ou alcalino, enquanto as espécies dos gêneros *Gigaspora* e *Acaulospora* se desenvolvem bem na faixa ácida.

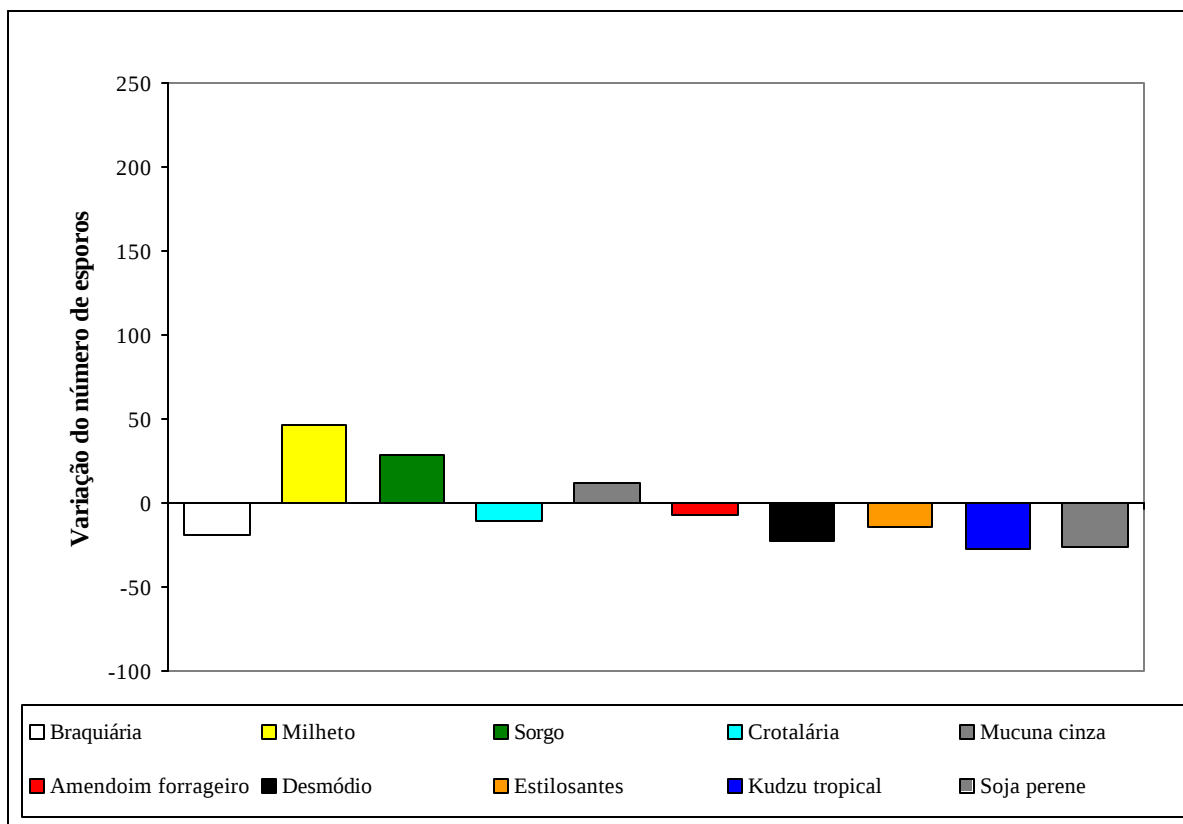


Figura 10. Variação (final-inicial) do número de esporos de *G. clarum* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

A figura 10 mostra que em relação ao número de esporos iniciais de *G. clarum*, houve incremento apenas na rizosfera do milheto, sorgo e da mucuna cinza, caracterizando que as plantas que estavam em estágio fisiológico próximo da maturação dos grãos possibilitaram o maior número de esporos desta espécie fúngica.

4.5- Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares Exóticos por Diferentes Gramíneas e Leguminosas e Esporulação Micorrízica Indígena

A introdução dos FMAs exóticos e as espécies vegetais influenciaram de forma diferenciada a esporulação dos fungos indígenas. BALOTA & LOPES (1996), relataram que a inoculação de *G. margarita* em condições de campo influenciou de forma significativa a esporulação das espécies nativas, sendo que o efeito foi negativo para *Acaulospora appendicula* e positivo para *Acaulospora dilatata*, *Acaulospora trappei*, *Gigaspora gigantea* e *Scutelospora pellucida*. Entretanto, WARNER & MOSSE (1982), afirmam que em condições de campo tal influência é difícil de ser quantificada.

A seguir são apresentados os resultados encontrados para as espécies nativas presentes no material de solo utilizado neste estudo.

A. rugosa - Analisando o quadro 05, nota-se que a esporulação desta espécie foi incrementada com a introdução dos FMAs exóticos no milho. O sorgo apresentou elevada esporulação, independente da fonte de inóculo. Entretanto, crotalária e soja perene somente promoveram incremento quando associadas ao *G. clarum*. Por outro lado, amendoim forrageiro e kudzu tropical reduziram a esporulação desta espécie. Quando estavam presentes somente as espécies nativas, foi observado que na rizosfera do amendoim forrageiro e sorgo ocorreu um maior número de esporos em relação às demais espécies vegetais, com exceção para o estilosantes, kudzu tropical e soja perene que não apresentaram diferença significativa. SIMPSON & DAFT (1990), demonstraram que diferentes espécies vegetais afetam qualitativa e quantitativamente a população de FMAs, e dentre as plantas empregadas para

a multiplicação de FMAs em vasos de cultivo nos trópicos tem se destacado como melhores a braquiária e o sorgo.

Quadro 05. Número de esporos de *A. rugosa* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Espécies vegetais	Fontes de inóculo de FMAs									Média geral	
	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado				
Braquiária	52	CD	a	71	CD	a	48	C	a	57	D
Milheto	276	A	a	349	A	a	75	BC	b	233	A
Sorgo	266	A	a	214	AB	a	177	A	a	219	A
Crotalária	31	D	b	114	BC	a	47	C	b	64	D
Mucuna cinza	53	CD	a	79	CD	a	52	C	a	61	D
Amendoim forrageiro	101	BC	b	56	D	c	194	A	a	117	BC
Desmódio	66	BC	a	89	CD	a	77	BC	a	77	CD
Estilosantes	91	BC	a	58	CD	a	94	ABC	a	81	CD
Kudzu tropical	56	BCD	b	58	CD	b	135	AB	a	83	CD
Soja perene	123	B	b	207	AB	a	118	AB	b	149	AB
Média geral	111		b	129		a	101		ab		

Coeficiente de variação = 5%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

A *A. rugosa* obteve maior número de esporos em relação ao valor inicial com a introdução dos FMAs exóticos associados com a rizosfera do milheto, sorgo e da soja. Enquanto que no tratamento não inoculado os resultados foram superiores para o sorgo, amendoim forrageiro e para o kudzu tropical (figura 11).

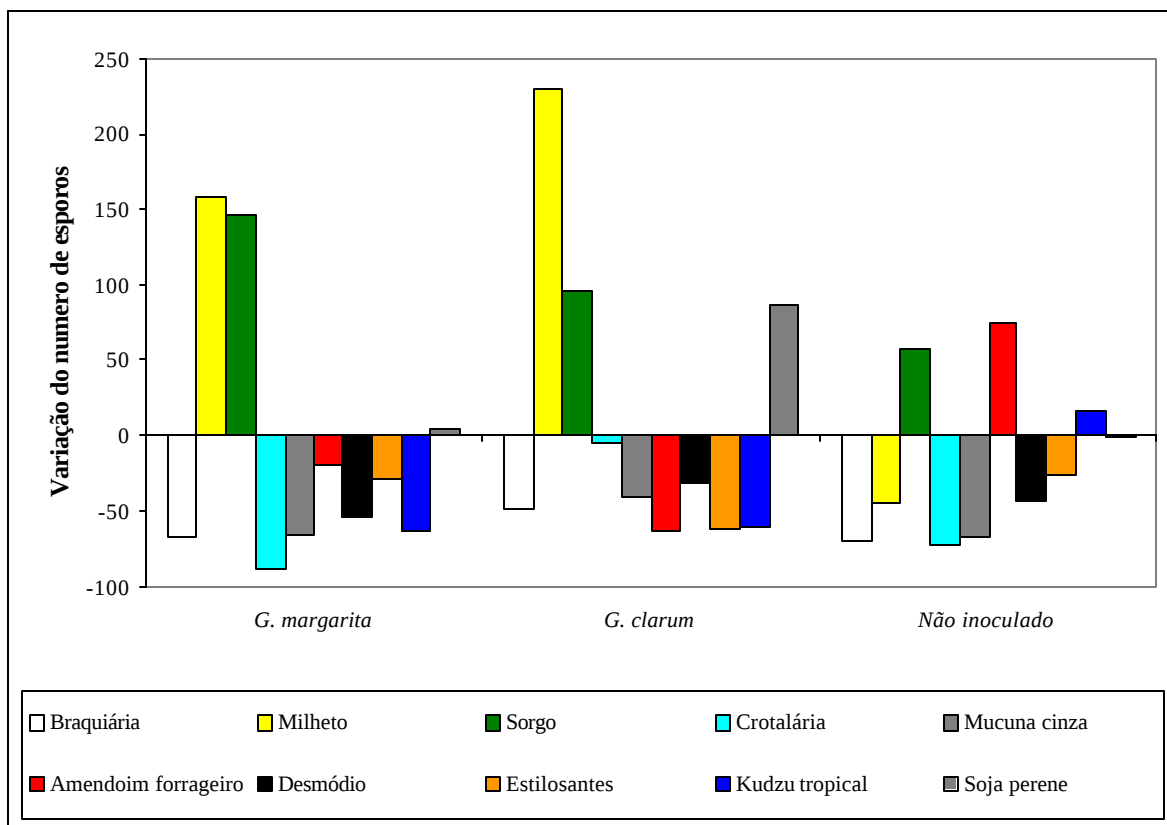


Figura 11. Variação (final-inicial) do número de esporos de *A. rugosa* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

E. colombiana - A esporulação da *E. colombiana* foi favorecida pelo tratamento com *G. margarita* e sorgo, sendo que esta gramínea não diferiu do milho (quadro 06). Enquanto que a introdução de *G. clarum* não promoveu alteração na população nativa. De acordo com SCHENCK *et al.* (1984), a *E. colombiana* se adapta às condições ambientais das regiões tropicais, ocorrendo com maior frequência em solos com teor de P e pH baixos, alto teor de Al, o que caracteriza boa adaptabilidade aos solos ácidos e pouco férteis dos trópicos.

Quanto a densidade inicial dos esporos, só ocorreu aumento com a introdução de *G. margarita* na rizosfera do sorgo (figura 12).

Quadro 06. Número de esporos de *E. colombiana* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

	Fontes de inóculo de FMAs									
Espécies vegetais	<i>G. margarita</i>		<i>G. clarum</i>		Não inoculado			Média geral		
Braquiária	47	BC a	32	A a	45	A a	41	ABC		
Milheto	74	AB a	40	A a	47	A a	54	AB		
Sorgo	117	A a	43	A b	36	A b	65	A		
Crotalária	28	C a	37	A a	28	A a	31	C		
Mucuna cinza	49	BC a	27	A a	50	A a	42	ABC		
Amendoim forrageiro	40	BC a	41	A a	40	A a	40	ABC		
Desmódio	29	C a	30	A a	27	A a	29	C		
Estilosantes	40	BC a	27	A a	48	A a	38	ABC		
Kudzu tropical	31	C a	28	A a	44	A a	34	BC		
Soja perene	33	C a	34	A a	33	A a	33	C		
Média geral	49	a	34	b	40	ab				

Coefficiente de variação = 6%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

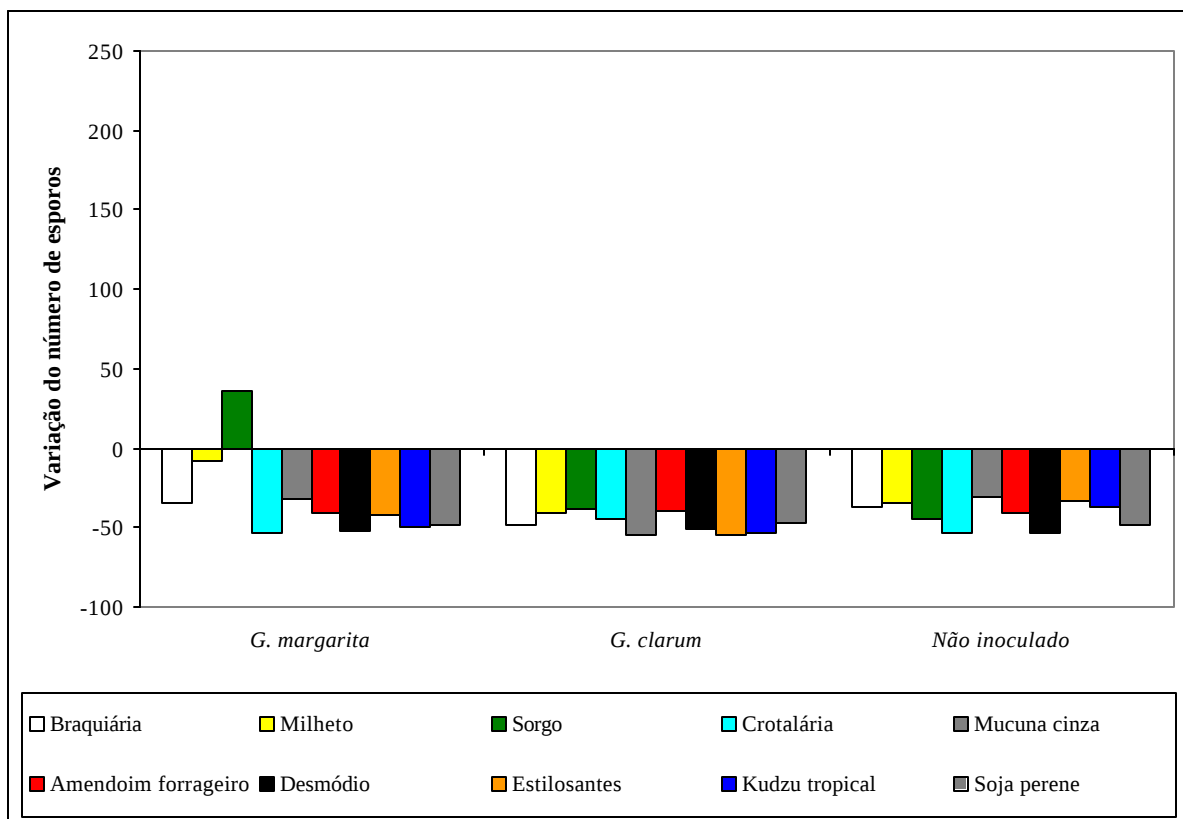


Figura 12. Variação (final-inicial) do número de esporos de *E. colombiana* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

G. macrocarpum - Os tratamentos inoculados com *G. margarita* associado as espécies de gramíneas aumentaram o número de esporos, ao ser comparado com as outras fontes de inóculo, o mesmo ocorreu nos tratamentos inoculados com *G. clarum*, nas rizosferas do kudzu tropical e da soja perene, quando comparados com o tratamento não inoculado, sendo que para o amendoim forrageiro, apesar deste ser igual aos tratamentos com gramíneas, não houve diferença entre as fontes de inóculo (quadro 07). Apesar das leguminosas terem sido pouco utilizadas para multiplicação de fungos micorrízicos, esses resultados estão de acordo com SIEVERDING (1991) que recomenda o uso de kudzu tropical na Colômbia.

Quadro 07. Número de esporos de *G. macrocarpum* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Fontes de inóculo de FMAs											
Espécies vegetais	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado			Média geral	
Braquiária	47	AB	a	13	A	b	11	A	b	24	AB
Milheto	41	AB	a	15	A	b	14	A	b	23	AB
Sorgo	56	A	a	18	A	b	19	A	b	31	A
Crotalária	22	BC	a	18	A	a	12	A	a	17	AB
Mucuna cinza	16	C	a	13	A	a	16	A	a	15	B
Amendoim forrageiro	24	ABC	a	21	A	a	14	A	a	20	AB
Desmódio	16	C	a	17	A	a	19	A	a	17	AB
Estilosantes	12	C	a	13	A	a	19	A	a	14	B
Kudzu tropical	13	C	ab	22	A	a	11	A	b	15	B
Soja perene	18	BC	ab	19	A	a	10	A	b	16	B
Média geral	26		a	17		b	14		b		

Coefficiente de variação = 8%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Para o *G. macrocarpum* somente verificou-se valores superiores em relação ao número inicial dos esporos, na rizosfera das gramíneas, quando foi introduzido *G. margarita* (figura 13).

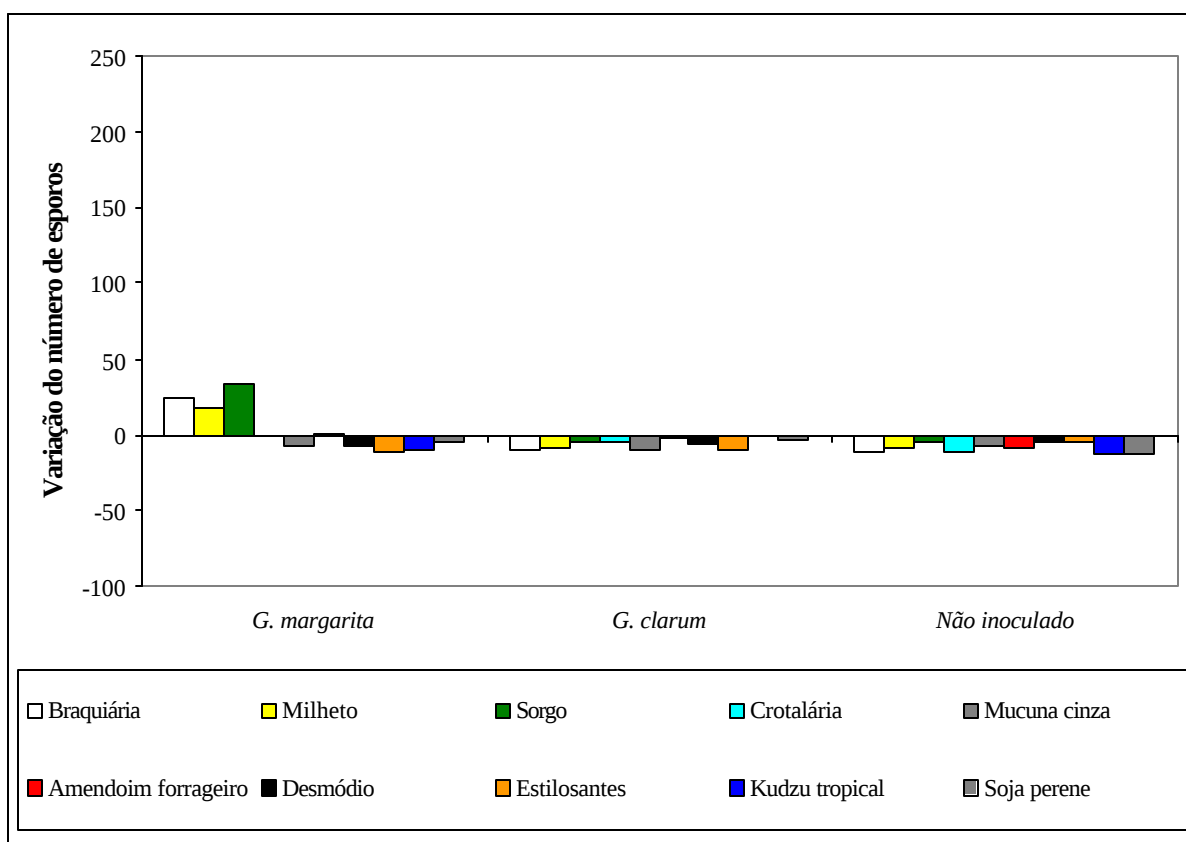


Figura 13. Variação (final-inicial) do número de esporos de *G. macrocarpum* em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Número total de esporos - Ao comparar os efeitos das fontes de inóculos sobre a população global de FMAs (quadro 08), verifica-se que os maiores valores foram encontrados com a introdução de *G. margarita* associada ao sorgo e braquiária. Entre as espécies vegetais no tratamento que foi introduzido a *G. margarita* o sorgo e o milheto foram os vegetais que promoveram os melhores efeitos sobre o número total de esporos. No tratamento com o *G. clarum*, em comparação ao tratamento não inoculado é possível perceber que as maiores populações foram encontradas nas rizosferas do milheto, da crotalária e da soja perene, sendo que na rizosfera do amendoim forrageiro o número de esporos foi menor que no tratamento não

inoculado. Ao testar apenas as espécies nativas, os resultados indicam que o sorgo e amendoim forrageiro apresentaram os maiores valores, não diferindo entretanto da mucuna cinza, estilosantes, kudzu tropical e soja perene.

Quadro 08. Número total de esporos em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Espécies vegetais	Fontes de inóculo de FMAs									Média geral	
	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado				
Braquiária	300	B	a	142	D	b	127	C	b	189	BC
Milheto	533	A	a	497	A	a	148	BC	b	393	A
Sorgo	641	A	a	364	AB	b	270	A	b	425	A
Crotalária	145	D	ab	219	BCD	a	121	C	b	161	C
Mucuna cinza	281	BC	a	196	CD	a	200	ABC	a	225	B
Amendoim forrageiro	219	BCD	ab	172	D	b	265	A	a	219	BC
Desmódio	165	CD	a	170	D	a	137	BC	a	157	C
Estilosantes	209	BCD	a	133	D	b	165	ABC	ab	169	BC
Kudzu tropical	163	CD	a	159	D	a	213	AB	a	178	BC
Soja perene	205	BCD	ab	293	ABC	a	173	ABC	b	224	B
Média geral	286		a	234		b	182		c		

Coeficiente de variação = 3%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

As espécies vegetais perenes possuem um ciclo fisiológico em que não há morte de todo o sistema radicular, e sim, um processo dinâmico de substituição das raízes senescentes por outras novas. BALOTA & LOPES (1996), em estudos com café, acham difícil relacionar o padrão de esporulação em plantas perenes com as anuais. Isso porque a esporulação varia com o desenvolvimento da cultura, atingindo o pico na época de máxima acumulação de matéria seca (ILAG *et al.*, 1987; SIMPSON & DAFT, 1990).

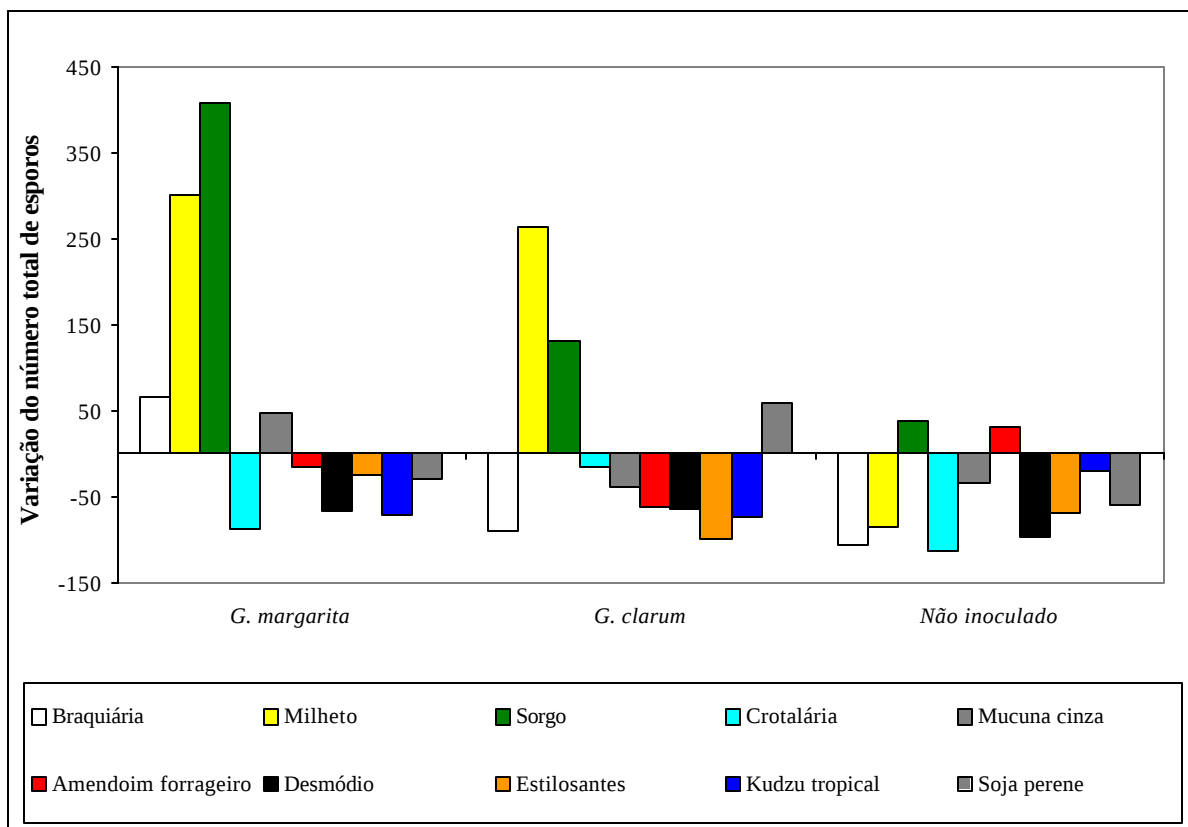


Figura 14. Variação (final-inicial) do número total de esporos em 50 cm³ de amostras das rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

A densidade de esporos não reflete necessariamente, o potencial de inóculo ou capacidade infectiva do solo. Esse parâmetro caracteriza a maior adaptabilidade da espécie predominante às condições edafoclimáticas dominantes (FERNANDES & SIQUEIRA, 1989). *G. margarita* mostrou a maior ocorrência em solos com $Al > 10 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ e médios teores de P, caracterizando alta tolerância ao Al (SIQUEIRA *et al.*, 1986). SIQUEIRA *et al.* (1989), em ecossistema não cultivado, encontraram menor densidade de esporos, menor taxa de colonização micorrízica e maior diversidade de espécies do que nos agrossistemas.

O número total dos esporos, como indica a figura 14, superou a densidade inicial com a introdução dos *G. margarita* na rizosfera das gramíneas e da mucuna cinza. No tratamento com *G. clarum*, o milho, o sorgo e a soja perene superaram a densidade inicial de esporos. Quando não foram introduzidos FMAS exóticos, nota-se que os melhores resultados ocorreram no sorgo e no amendoim forrageiro.

Segundo ABBOTT & ROBSON (1977), condições favoráveis de clima e solo possibilita maior diversidade de espécies, o que pode estar relacionado com a maior densidade de esporos no solo (KOSKE & HALVORSON, 1981). Por outro lado, não foram verificados qualquer relação entre densidade de esporos e diversidade de espécies, bem como preferência ou especificidade entre espécies fúngica e a cultura do café (SIQUEIRA *et al.*, 1986; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989). Em muitos levantamentos realizados, os resultados indicam que a maior frequência de algumas espécies numa população de FMAs indígenas em um ambiente natural é retratada como uma constante (BONONI & TRUFEM, 1983; LOPES *et al.*, 1983; SIQUEIRA *et al.*, 1987). É possível também, que por não haver ainda uma padronização quanto ao número de amostras ideal para um levantamento completo das espécies presentes em um agroecossistema, algumas destas não tenham sido recuperadas pelo pequeno número de amostragens (TEWS & KOSKE, 1986).

Para avaliar os efeitos dos fungos exóticos sobre a distribuição das espécies nativas, aplicou-se o índice de equitabilidade (Pielou). Os resultados indicam que com a introdução de *G. margarita*, as espécies vegetais apresentaram o mesmo comportamento (quadro 09).

Quadro 09. Índice de equitabilidade de FMAs nas rizosferas de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Fontes de inóculo de FMAs											
Espécies vegetais	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado			Média geral	
Braquiária	0,86	A	a	0,79	AB	a	0,89	A	a	0,85	AB
Milheto	0,83	A	a	0,55	D	b	0,82	ABC	a	0,73	CD
Sorgo	0,87	A	a	0,73	BC	b	0,73	BCD	b	0,78	BC
Crotalária	0,92	A	a	0,81	AB	b	0,93	A	a	0,89	A
Mucuna cinza	0,78	A	a	0,87	A	a	0,87	AB	a	0,84	AB
Amendoim forrageiro	0,88	A	a	0,91	A	a	0,61	D	b	0,80	BC
Desmódio	0,90	A	a	0,83	AB	a	0,83	ABC	a	0,85	AB
Estilosantes	0,86	A	a	0,88	A	a	0,73	BCD	b	0,82	AB
Kudzu tropical	0,88	A	a	0,92	A	a	0,71	CD	b	0,84	AB
Soja perene	0,79	A	a	0,62	CD	b	0,67	D	b	0,69	D
Média geral	0,86		a	0,79		b	0,78		b		

Coeficiente de variação = 8%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Ao introduzir *G. clarum*, verifica-se que os menores índices foram obtidos na rizosfera do milho e soja perene. Ao inferir o efeito das espécies vegetais sobre os fungos nativos, percebe-se que braquiária, milho, crotalária, mucuna cinza e desmódio apresentaram os maiores índices de equitabilidade, entretanto não diferiram do sorgo e do estilosantes. Ao comparar as fontes de inóculo, verifica-se que na rizosfera do milho e da crotalária a introdução do *G. clarum* reduziu a equitabilidade, sendo que de uma maneira geral *G. margarita* influenciou de forma positiva a equitabilidade dos FMAs. Essa avaliação mostra que quanto maior a equitabilidade, menor é a dominância de uma ou de poucas espécies. Sendo possível através deste índice verificar a distribuição das espécies numa dada comunidade, e também os efeitos de uma espécie sobre as outras em termos de repartição do nicho.

Por outro lado, não é encontrado em lugar algum da natureza, a diversidade máxima teórica. Em um ambiente com muitas espécies, sendo todas igualmente importantes, algumas sempre são mais raras que outras, sendo que em situação de alta diversidade, a média da equitabilidade parece estar em torno de 80% do máximo (ODUM, 1975 citado em ODUM, 1983).

A equitabilidade tende a ser alta e constante em populações de aves, provavelmente por causa do comportamento territorial, portanto as diferenças nas várias comunidades e áreas geográficas devem-se, em grande parte, à diferenças na riqueza. Plantas e fitoplâncton tendem a apresentar uma média de equitabilidade mais baixa e a exibir uma considerável variação nos dois componentes da diversidade (TRAMER, 1969; AUSTIN & TOMOFF, 1978; citados por ODUM, 1983). Por outro lado, uma perturbação generalizada ou moderada pode aumentar em vez de diminuir a diversidade quando há forte dominância.

A diversidade biológica de animais, plantas e microrganismos é de importância fundamental para a sobrevivência humana. Sendo que, a maior parte da diversidade ainda é encontrada em ecossistemas naturais, cuja sobrevivência depende, em grande parte, da diversidade neles contida. Deste modo, apesar de muitos conceitos ecológicos relacionados com a diversidade serem controversos e precisarem de maiores pesquisas, há um consenso de que a diversidade é necessária para a futura sobrevivência dos seres humanos e da natureza (ODUM, 1983).

O outro componente da diversidade, que é a riqueza, não foi abordado aqui por se tratar de uma intervenção muito artificial, que foi a introdução de espécies exóticas de FMAs, por isso nos pareceu correto avaliar apenas os aspectos relacionados com a equitabilidade.

4.6- Grau de Associação entre as Variáveis Avaliadas

Para medir o grau de associação entre as variáveis apresentadas neste trabalho, foram realizadas análises de correlação linear (quadro 10).

Quadro 10. Coeficientes de correlação linear (R) para avaliar o grau de associação entre as variáveis estudadas.

	A. rug	E. col	G. mar	G. cla	G. mac	Esporos totais	Colonização	Equitabilidade
A. rug								
E. col	0,47 *							
G. mar	0,11 ns	0,53 *						
G. cla	0,63 *	0,43 *	0,25 *					
G. mac	0,32 *	0,57 *	0,65 *	0,17 *				
Esporos totais	0,86 *	0,72 *	0,56 *	0,75 *	0,63 *			
Colonização	0,06 ns	0,07 ns	0,04 ns	0,36 *	0,02 ns	0,09 ns		
Equitabilidade	0,62 *	0,04 ns	0,26 *	0,37 *	0,17 ns	0,31 *	0,25 *	
MS radicular	0,32 *	0,006 ns	0,22 *	0,08 ns	0,01 ns	0,12 ns	0,40 *	0,06 ns
MS aérea	0,28 *	0,008 ns	0,24 *	0,12 ns	0,08 ns	0,08 ns	0,24 *	0,23 *
P (raiz)	0,17 ns	0,12 ns	0,11 ns	0,16 ns	0,15 ns	0,20 *	0,18 ns	0,14 ns
P (parte aérea)	0,49 *	0,17 ns	0,03 ns	0,62 *	0,02 ns	0,38 *	0,09 ns	0,05 ns
N (raiz)	0,44 *	0,30 *	0,13 ns	0,37 *	0,30 *	0,44 *	0,06 ns	0,38 *
N (parte aérea)	0,20 *	0,31 *	0,29 *	0,31 *	0,30 *	0,35 *	0,03 ns	0,19 *
MS nodular	0,26 *	0,07 ns	0,52 *	0,41 *	0,11 ns	0,15 ns	0,30 *	0,15 ns

A. rug= *Acaulospora rugosa*, E. col= *Entrophospora colombiana*, G. mar= *Gigaspora margarita*, G. cla= *Glomus clarum*, G. mac= *Glomus macrocarpum*, MS=massa seca. P=fósforo, N=nitrogênio, (*)=significativo e (ns)=não significativo pelo teste t a 5%.

O número de esporos de *G. margarita* não se correlacionou com: os teores de P da parte aérea e das raízes, % de N das raízes, colonização radicular e esporulação de *A. rugosa*. Por outro lado, apesar dos coeficientes de correlação (R) das demais variáveis apresentarem significância estatística, estes foram baixos, sendo que os maiores valores foram verificados apenas com as variáveis, massa nodular seca, *G. macrocarpum*, *E. colombiana* e número total de esporos.

O número de esporos de *G. clarum*, não apresentou correlação significativa com o teor de P nas raízes, massa seca radicular e da parte aérea,

e apesar das outras variáveis estudadas apresentarem significância, as melhores correlações ocorreram somente com o P na parte aérea, número de *A. rugosa* e número total de esporos, para as demais variáveis as correlações foram muito baixas.

O número de esporos de *A. rugosa* não apresentou correlação significativa com o teor de P nas raízes e com a colonização radicular, havendo um baixo grau de associação para os demais parâmetros avaliados. Entretanto, para o número total de esporos foi verificado maior valor.

Para as espécies *E. colombiana* e *G. macrocarpum* os números de esporos não apresentaram correlação com os teores de P, massa seca, na parte aérea, raízes e nodular, e colonização radicular. As outras variáveis mostraram algum grau de associação, sendo que o maior valor foi para o número total de esporos, e entre as próprias espécies, *E. colombiana* e *G. macrocarpum*.

As correlações com o número total de esporos não apresentaram diferenças com a massa seca da parte aérea, radicular e nodular, e com a colonização radicular, confirmando que este parâmetro não reflete a efetividade dos FMAs em um solo. As outras variáveis, apesar de apresentarem significância, os valores de R foram muitos baixos. Esses resultados concordam com outros autores que também não verificaram relação entre taxa de colonização micorrízica e número de esporos (SPARLING & TINKER, 1978; SAITO *et al.*, 1983; FERNANDES & SIQUEIRA, 1989).

A colonização radicular só apresentou correlação significativa com a massa seca da parte aérea, radicular e nodular, mesmo sendo valores muito

pequenos. Estes resultados estão de acordo com DAFT & EL-GIAHMI (1975), que observaram correlação significativa e positiva entre infecção e produção de matéria seca. Em outros estudos POWELL (1977), observou que baixos índices de colonização radicular estavam associados a aumentos elevados de produção.

O mecanismo proposto por SANDERS & TINKER (1971) e HATTING *et al.* (1974), para explicar os benefícios das micorrizas, é a maior absorção de nutrientes de baixa difusão, como fósforo, zinco e cobre. A maior absorção seria resultante da maior superfície de exploração do solo propiciada pelas hifas externas da planta colonizada. Por esse mecanismo, a correlação entre intensidade e infecção no córtex e a produção de matéria seca não seria esperada ou, pelo menos, não seria necessária (LOPES *et al.*, 1983a).

Os dados de correlação não indicam qualquer relação entre o índice de equitabilidade e os teores de P na parte aérea e raízes, bem como, para massa seca radicular e nodular. Os demais parâmetros, apesar de baixos, foram suficientes para diferir de zero, valor teórico, quando não existe qualquer tipo de associação entre duas variáveis quaisquer. Esses resultados indicam que a predominância de uma espécie não interferiu na nutrição de fósforo das plantas.

4.7- Capacidade Infectiva (Bioensaio) de Fungos Micorrízicos Arbusculares em Sorgo

Com a preparação inicial do material de solo utilizado nos experimentos, basicamente restaram como propágulo infectivo os esporos, uma vez que a maioria das raízes foi removida e o micélio externo foi fragmentado. Da mesma forma as raízes das gramíneas e das leguminosas (primeiro experimento) foram retiradas para pesagem e determinação do grau de colonização micorrízica. A avaliação do estabelecimento dos FMAs exóticos e os seus efeitos sobre a população nativa também foi feita com base nos esporos encontrados. Essas razões justificam a análise da capacidade infectiva e efetividade aqui realizadas e discutidas a seguir.

De acordo com READ *et al.* (1976), o micélio dos FMAs é capaz de promover uma colonização muito mais rápida do que aquela iniciada a partir dos esporos, sendo este portanto, um dos principais componentes da simbiose fungo-planta. JASPER *et al.* (1989), observaram perda no potencial de infectividade do micélio externo dos FMAs logo após sua fragmentação. EVANS & MILLER (1988) sugeriram que essa perda de infectividade pode ser causada pela falta de um fluxo de fotoassimilados dentro da rede micelial, que é interrompido após a fragmentação. MARTINS & READ (1997), também confirmam que a disrupção do micélio externo dos FMAs ou seu destacamento da raiz que o originou diminui seu potencial infectivo. Segundo esses mesmos autores, a disrupção do micélio externo ocasiona uma

diminuição temporária no processo de absorção de P do solo pelo fungo, refletindo de forma significativa no crescimento vegetal.

Os resultados da capacidade infectiva inicial do material de solo (quadro 11) mostram que entre as espécies encontradas, *G. margarita* não colonizou as raízes de sorgo até 42 DAE, o mesmo também ocorreu em todos os tratamentos com as espécies de plantas e em todas as fontes de inóculo, com exceção da crotalária inoculada com *G. margarita* exótica, como será discutido mais adiante. A *A. appendicula* só esteve presente no sistema radicular a partir dos 28 DAE. Enquanto que *A. rugosa*, *E. colombiana* e *G. macrocarpum* colonizaram desde os 7 DAE.

Quadro 11. Capacidade infectiva de FMAs indígenas em sorgo crescido em material de solo erodido (amostra inicial), não desinfestado.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência					
	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	-	-	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Após o cultivo de braquiária (quadro 12), verifica-se que o *G. clarum* se mostrou infectivo a partir de 14 DAE. A *A. appendicula* parece ter sido favorecida pela inoculação com os FMAs exóticos, uma vez que no tratamento inoculado com *G. margarita*, esta já se encontrava aos 14 DAE e com a inoculação de *G. clarum* aos 21 DAE, enquanto que no tratamento não inoculado somente foi verificado a presença desta espécie aos 35 DAE. As

demais espécies *A. rugosa*, *E. colombiana* e *G. macrocarpum* apareceram a partir dos 7 DAE.

Quadro 12. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de braquiária (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	3	4	4	4	4	4	3	4	5	5	5	5	3	3	3	3	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Quadro 13. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de milho (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
<i>A. rugosa</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	2	4	4	4	4	4	3	4	5	5	5	5	3	3	3	3	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

No tratamento com milho (quadro 13), verifica-se resultados semelhantes aos encontrados no quadro 12, com exceção para a espécie *A.*

rugosa que no tratamento inoculado com *G. margarita* somente constatou-se a sua presença aos 14 DAE.

No tratamento com sorgo (quadro 14), o *G. clarum* se mostrou infectivo a partir de 7 DAE. Já a *A. appendicula* e *A. rugosa*, com a inoculação de *G. margarita* foram detectados aos 14 DAE, enquanto que *A. appendicula* nas outras fontes de inóculo se mostrou presente aos 21 DAE. E as demais espécies encontradas foram detectadas desde os 7 DAE.

Quadro 14. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de sorgo (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	3	3	4	4	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Os resultados apresentados no (quadro 15), referentes ao tratamento com crotalária, nota-se que o *G. clarum* estava presente nas raízes a partir dos 7 DAE, no entanto, observou-se também que no tratamento não inoculado ele estava presente, o que caracteriza contaminação no experimento 1, em função dele não ter sido detectado inicialmente no material de solo utilizados nos experimentos. A *A. appendicula* esteve presente aos 14 DAE nos tratamentos inoculado com *G. margarita* e no não inoculado, sendo que com a inoculação

de *G. clarum* somente foi percebido a presença desta espécie aos 21 DAE. As outras espécies se mostraram infectivas a partir dos 7 DAE.

Quadro 15. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de crotalária (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>A. appendicula</i>	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Quadro 16. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de mucuna cinza (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	3	3	4	4	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

No quadro 16, tratamento com mucuna cinza, verifica-se que o *G. clarum* colonizou as raízes de sorgo a partir dos 7 DAE. *A. appendicula*,

independente da fonte de inóculo estava presente aos 21 DAE. As demais espécies se mostraram presentes a partir dos 7 DAE.

Os dados do quadro 17, referentes ao tratamento com amendoim forrageiro, indicam que em relação ao *G. clarum*, a colonização ocorreu a partir dos 7 DAE. Com relação a *A. appendicula*, esta começou a aparecer aos 21, 28 e 14 DAE, nos tratamentos inoculados com *G. margarita*, com *G. clarum* e não inoculado, respectivamente. As outras espécies colonizaram a partir dos 7 DAE.

Quadro 17. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de amendoim forrageiro (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	3	4	4	4	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Os dados do tratamento com desmódio (quadro 18), indicam que o *G. clarum* foi capaz de colonizar as raízes de sorgo aos 7 DAE, e que também ocorreu contaminação no tratamento não inoculado. Enquanto que a *A. appendicula* estava colonizando, independente das fontes de inóculo aos 21 DAE, sendo que as demais espécies estavam presente desde os 7 DAE.

Quadro 18. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de desmódio (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>A. appendicula</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	3	4	5	5	5	5

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Quadro 19. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de estilósantes (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	3	3	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	3	4	4	4	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

No tratamento com estilósantes e inoculado com *G. margarita* exótica (quadro 19), foi detectado que a *G. margarita* apareceu aos 21 e 35 DAE. O *G. clarum* apareceu aos 7 DAE. A *A. appendicula* apareceu aos 21 DAE nos tratamentos inoculados com FMAs exóticos e no tratamento não inoculado aos 14 DAE. E aos 7 DAE para as demais espécies.

No quadro 20, referente ao tratamento com kudzu tropical, nota-se que o *G. clarum* já estava presente aos 7 DAE. Enquanto que a *A. appendicula* apareceu aos 21, independente das fontes de inóculo. E para as outras espécies aos 7 DAE.

Quadro 20. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de kudzu tropical (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	3	3	4	4	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Quadro 21. Capacidade infectiva de FMAs em sorgo, após o crescimento de soja perene (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado, inoculado ou não com FMAs exóticos.

Espécies de FMAs observadas	Tempo de exposição em dias após a emergência																	
	<i>G. margarita</i>						<i>G. clarum</i>						Não inoculado					
	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42	7	14	21	28	35	42
<i>G. margarita</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. clarum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>A. appendicula</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>A. rugosa</i>	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>E. colombiana</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>G. macrocarpum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de espécies	2	3	4	4	4	4	3	4	5	5	5	5	3	3	4	4	4	4

Considera-se (+) para presença e (-) para ausência de esporos de FMAs.

Em soja perene (quadro 21), o *G. clarum* se mostrou infectivo aos 14 DAE, e a *A. appendicula* aos 21 em todas as fontes de inóculo, enquanto que a *A. rugosa* apareceu aos 14 DAE no tratamento inoculado com *G. margarita*. Sendo verificada a presença das demais espécies a partir dos 7 DAE.

Diante desses resultados, pode-se observar que *G. margarita* apresentou-se pouco infectiva até os 42 DAE, ocorrendo apenas após o cultivo com o estilosantes, previamente inoculado com esta espécie. O pequeno número de esporos de *G. margarita* ocorrido nas amostras não inoculadas com esta espécie pode indicar a sua baixa capacidade competitiva quando comparada com as outras espécies nativas. Ou ainda que na fase avaliada esta espécie encontrava-se predominantemente nas raízes colonizadas, ou na forma de micélio presente no solo, não sendo observados através do método empregado.

O *G. clarum* ocorreu na primeira semana para todas as espécies de plantas, com exceção da braquiária, milho e soja perene, que começou a aparecer a partir da segunda semana. Estes resultados evidenciam a grande capacidade de estabelecimento deste fungo, que mesmo apresentando a característica de esporular no interior das raízes da planta hospedeira, foi capaz de se estabelecer no solo e mostrou-se infectivo. O estabelecimento destes dois fungos tem sido acompanhado em algumas áreas de revegetação e, em geral, o *G. clarum* tem apresentado maior capacidade de estabelecimento que a *G. margarita* (SILVA *et al.*, 1996).

A ocorrência da *A. appendicula* nesta fase pode ser atribuída ao período de crescimento do bioensaio (150 DAE), o qual foi maior que o primeiro (100 DAE), possibilitando um período mais longo para a esporulação

desta espécie. Possivelmente esta espécie estava em forma de micélio ou em baixa densidade de esporos.

Os esporos como propágulos são reconhecidamente mais resistentes às condições adversas que outras formas de propágulos (micélio e vesículas). Sendo que em solos erodidos ou impactados por processos antrópicos, o aumento no número de esporos após o cultivo é uma forma de garantir a sobrevivência de FMAs, visto que tal condição favorece a esporulação, como pode-se constatar em vaso de cultivo, onde as densidades alcançadas são muito superiores as encontradas à campo. A condição de estresse e ausência de competidores, a que este material é submetido explica a elevada esporulação. Em sistemas estáveis como pastagem e floresta nativa, geralmente o número de esporos é mais baixo que em condições de estresse.

Os FMAs exóticos podem apresentar características simbióticas favoráveis ou promissoras, entretanto de maneira geral revelam baixa adaptabilidade ao novo ambiente, especialmente em solos não fumigado, com elevada população de FMAs indígenas (PAULA *et al.*, 1988). Esta afirmação confirma as indicações de que em solos com alta capacidade infectiva natural, a inoculação resulta em pouco ou nenhum benefício para a planta hospedeira (ABBOTT & ROBSON, 1985b).

Alguns FMAs podem ser mais agressivos que outros, sendo a agressividade apenas um dos fatores que lhes afetam a habilidade competitiva, da mesma forma, a velocidade e a extensão da colonização das raízes são fatores determinantes da efetividade simbiótica destes fungos e de sua habilidade em competir com fungos indígenas (Wilson, 1984). Além da influência dos genomas da planta e do fungo, as características da colonização

são afetadas pelo ambiente e pela densidade de propágulos do fungo no solo ou na rizosfera (BOWEN, 1987).

4.8- Efetividade para Leucena de Fungos Micorrízicos Arbusculares

Os dados apresentados (quadro 22), indicam que em relação às fontes de inóculo, e entre as plantas, quando inoculadas com FMAs exóticos, não foram verificadas diferenças significativas no diâmetro do colo de leucena aos 90 DAE. Entretanto, no tratamento não inoculado nota-se que o tratamento com sorgo foi superior ao tratamento com braquiária.

Aos 120 DAE (quadro 23), somente no tratamento com kudzu tropical inoculado com *G. clarum* o diâmetro do colo da leucena diferiu em relação ao tratamento não inoculado com os FMAs exóticos.

Com relação a altura das plantas de leucena (figuras 15 A e 16 A), não foram detectadas diferenças significativas entre as fontes de inóculo aos 90 e aos 120 DAE. Entre as espécies vegetais, nota-se que os resultados encontrados nos tratamentos com milho e sorgo aos 90 e 120 DAE foram superiores aos encontrados na braquiária, sendo que o milho também foi superior ao kudzu tropical aos 90 DAE (figuras 15 B e 16 B).

A capacidade dos FMAs conferir benefícios a planta hospedeira, está diretamente relacionada com a sua capacidade de colonizar rapidamente as raízes e de desenvolver o micélio intra e extraradicular de modo a ampliar a área efetiva de solo explorado. O micélio externo é o componente mais importante para a absorção e translocação de nutrientes da solução do solo para a raiz (SIEVERDING, 1991).

Quadro 22. Diâmetro do colo de leucena (cm) aos 90 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

Espécies vegetais	Fontes de inóculo de FMAs									Média geral	
	G. margarita			G. clarum			Não inoculado				
Braquiária	0,21	A	a	0,21	A	a	0,18	C	a	0,20	C
Milheto	0,27	A	a	0,28	A	a	0,25	AB	a	0,26	A
Sorgo	0,27	A	a	0,24	A	a	0,28	A	a	0,26	A
Crotalária	0,20	A	a	0,21	A	a	0,24	ABC	a	0,22	BC
Mucuna cinza	0,26	A	a	0,26	A	a	0,23	ABC	a	0,25	AB
Amendoim forrageiro	0,21	A	a	0,22	A	a	0,26	AB	a	0,23	ABC
Desmódio	0,25	A	a	0,26	A	a	0,22	ABC	a	0,24	AB
Estilosantes	0,24	A	a	0,21	A	a	0,25	AB	a	0,23	ABC
Kudzu tropical	0,24	A	a	0,24	A	a	0,20	BC	a	0,22	ABC
Soja perene	0,26	A	a	0,27	A	a	0,25	AB	a	0,26	A
Média geral	0,24		a	0,24		a	0,24		a		

Coefficiente de variação = 13%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 23. Diâmetro do colo de leucena (cm) aos 120 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado.

	Fontes de inóculo de FMAs										
Espécies vegetais	<i>G. margarita</i>			<i>G. clarum</i>			Não inoculado			Média geral	
Braquiária	0,29	AB	a	0,29	A	a	0,26	B	a	0,28	C
Milheto	0,36	AB	a	0,38	A	a	0,32	AB	a	0,35	AB
Sorgo	0,37	A	a	0,32	A	a	0,38	A	a	0,36	A
Crotalária	0,28	B	a	0,30	A	a	0,33	AB	a	0,31	BC
Mucuna cinza	0,37	AB	a	0,37	A	a	0,33	AB	a	0,36	A
Amendoim forrageiro	0,29	AB	a	0,30	A	a	0,35	AB	a	0,31	ABC
Desmódio	0,33	AB	a	0,35	A	a	0,30	AB	a	0,33	ABC
Estilosantes	0,30	AB	a	0,31	A	a	0,34	AB	a	0,32	ABC
Kudzu tropical	0,33	AB	ab	0,34	A	a	0,27	B	b	0,31	ABC
Soja perene	0,35	AB	a	0,35	A	a	0,34	AB	a	0,35	AB
Média geral	0,33		a	0,33		a	0,32		a		

Coefficiente de variação = 12%

Valores seguidos de mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

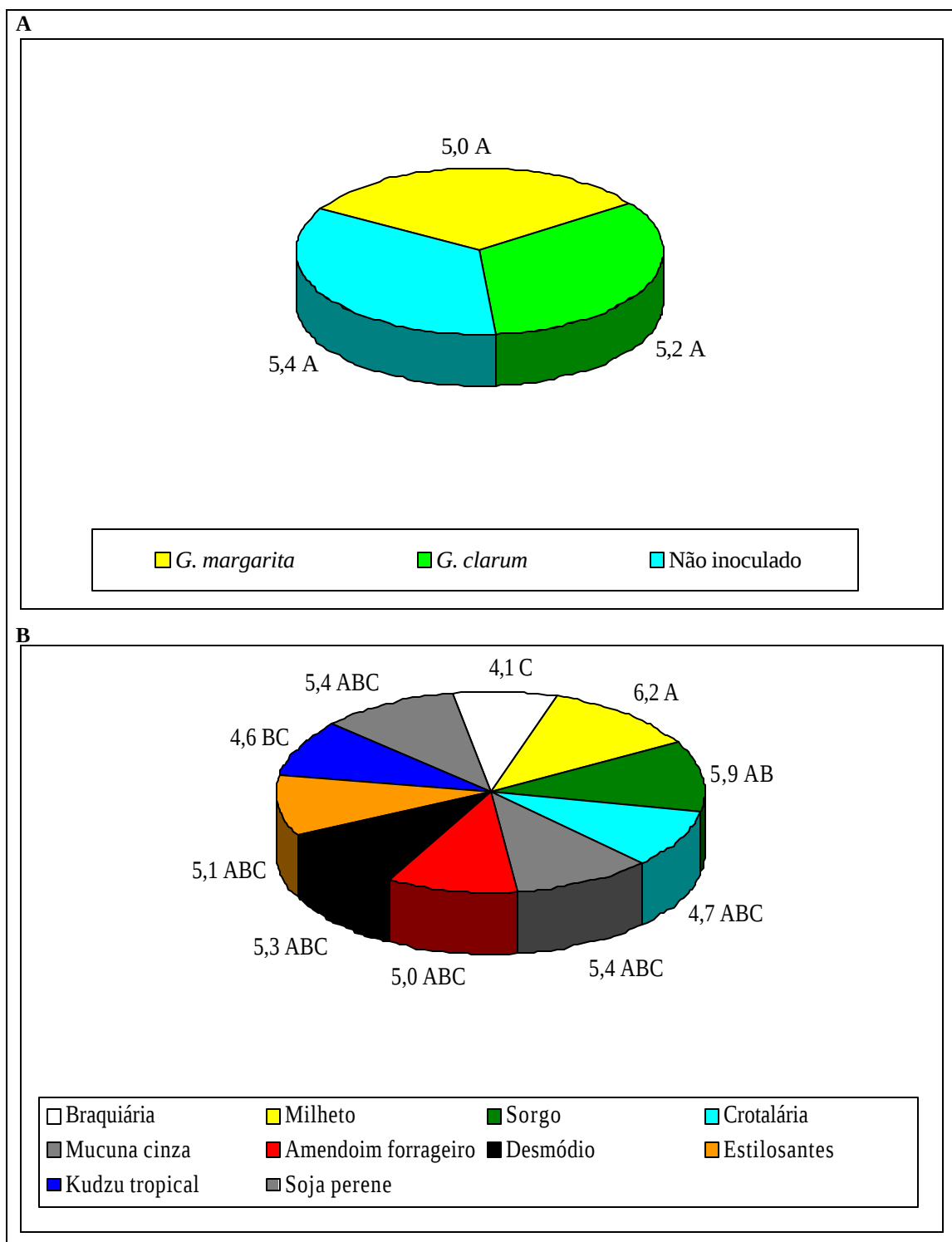


Figura 15. Altura das plantas de leucena (cm) aos 90 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 23%.

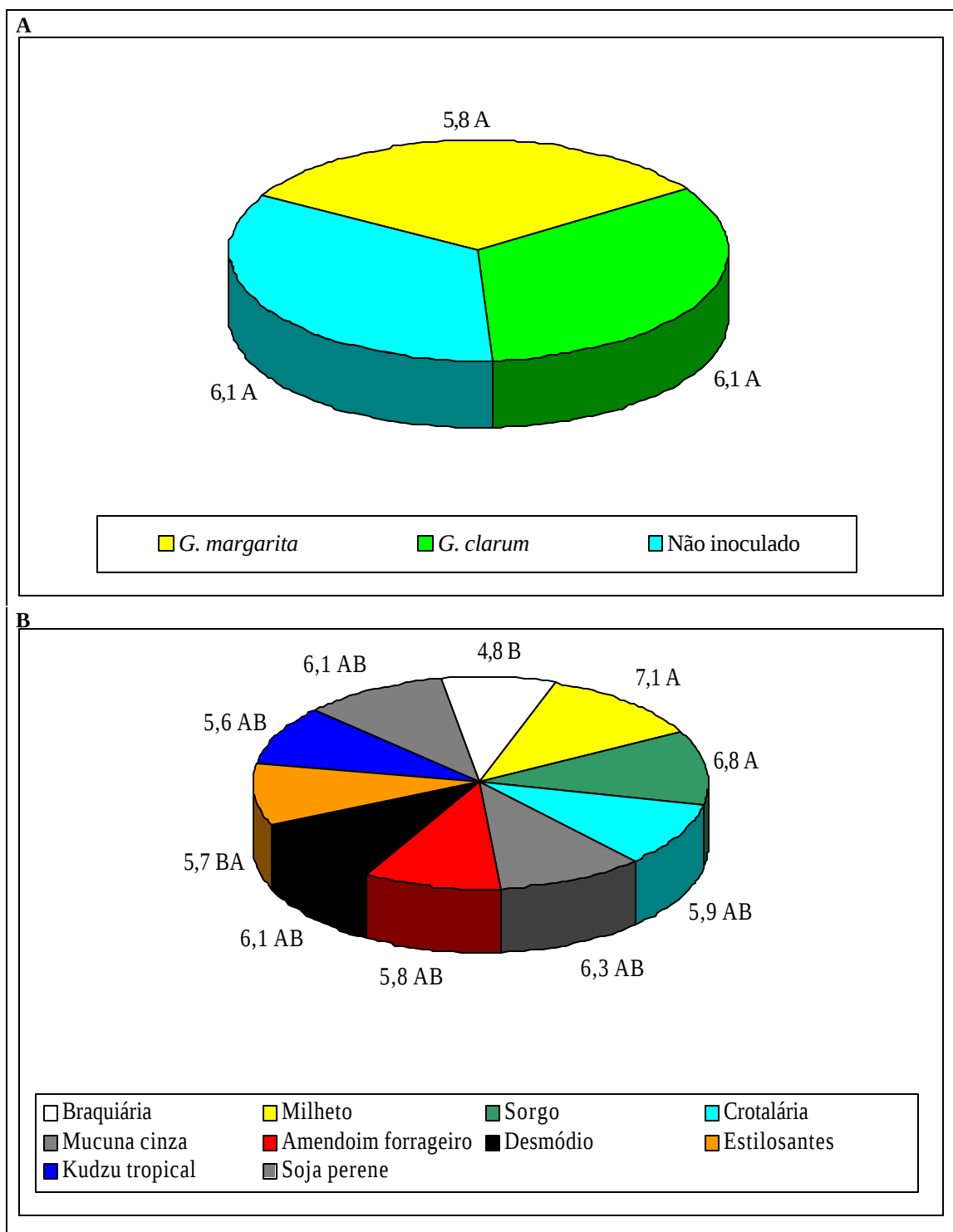


Figura 16. Altura das plantas de leucena (cm) aos 120 DAE, após o cultivo de diferentes gramíneas e leguminosas inoculadas ou não com FMAs exóticos e crescidas (100 DAE) em material de solo erodido, não desinfestado. Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Coeficiente de variação 24%.

Os FMAs diferem muito, quanto a sua capacidade infectiva, esporulação e efeitos sobre o hospedeiro, e por fim, são altamente influenciados por fatores relacionados ao solo, planta e ambiente. Estes fatores atuam sobre os propágulos ou sobre as diferentes fases da simbiose, exercendo grande influência na formação, funcionamento e relações ecológicas dessas associações (SIQUEIRA, 1996). Os fotossimbiontes com poucos pêlos radiculares são mais dependentes dos FMAs para a absorção de nutrientes de pouca mobilidade no solo, em especial o fósforo. A *Leucaena leucocephala* quase não tem pêlos radiculares, provavelmente, por isso é bastante micorrizada (MUNNS & MOSSE, 1980) apresentando dependência da simbiose com rizóbio e com micorriza arbuscular (BATINI *et al.*, 1994). Vários autores citam o efeito positivo dos FMAs no processo de nodulação (MANJUNATH *et al.*, 1984; COSTA & PAULINO, 1990a). A inoculação de leucena com Rizóbio e FMAs aumentou significativamente a produção de matéria seca, apresentando também altos índices de nodulação (GONÇALVES *et al.*, 1994). MANJUNATH *et al.* (1984), mostraram que a dupla inoculação (rizóbio/FMAs) favorece a nodulação, colonização micorrízica, peso seco e conteúdos de nitrogênio e fósforo desta espécie. ANJOS & ALMEIDA (1985) constataram aumento significativo no peso da matéria seca de leucena inoculadas com diferentes FMAs, destacando-se entre eles, o *Glomus macrocarpum*.

Apesar da ampla documentação sobre os efeitos benéficos dos FMAs para a maioria das plantas, a introdução de espécies e/ou isolados efetivos em solos com alta capacidade infectiva natural, só poderá ser conseguida com sucesso através da seleção de fungos mais infectivos e

efetivos para culturas e condições ambientais específicas. Os resultados apresentados neste documento revelam o potencial de algumas plantas em alterar a população de algumas espécies indígenas e também favorecer o estabelecimento de espécies de FMAs exóticos. Os estudo paralelo da capacidade infectiva e efetividade dos esporos de FMAs, mostraram também resultados importantes. Portanto, a intensificação de estudos, como este, poderá contribuir para melhorar o conhecimento e facilitar a tomada de decisão sobre as estratégias para a inoculação artificial, ou manejo apropriado do solo, visando incrementar os benefícios dos FMAs indígenas quando efetivos, já que estes, sendo mais adaptados às condições edafoclimáticas do local, podem apresentar grande potencial para a utilização em escala maior.

5- Conclusões

A *G. margarita* exótica apresentou esporulação superior em relação a *G. margarita* nativa, independente da espécie vegetal, apesar disso, foi pouco infectiva.

A inoculação de *G. clarum* associado com a braquiária, o milho, e o estilosantes, este último também no tratamento não inoculado, reduziram o número de esporos da *G. margarita* indígena.

O *G. clarum* se estabeleceu em todas as plantas utilizadas, mostrando também boa capacidade infectiva. Sendo que a densidade de esporos, em relação ao número inicial, aumentou na rizosfera do milho, do sorgo e da mucuna cinza.

O sorgo aumentou o número de esporos de *A. rugosa*, independente da fonte de inóculo. Milho e soja perene somente causaram tal efeito com a introdução dos FMAs exóticos, e o amendoim forrageiro proporcionou efeito semelhante no tratamento não inoculado.

O número de esporos da *E. colombiana* aumentou com a introdução de *G. margarita* associada ao sorgo.

A introdução de *G. margarita* associada com as gramíneas favoreceu a esporulação de *G. macrocarpum*.

O número total de esporos foi incrementado com a introdução dos FMAs exóticos na rizosfera do milheto, e no sorgo com a introdução de *G. margarita*.

Os parâmetros de nutrição e desenvolvimento vegetal não apresentaram alta correlação com o grau de colonização micorrízica e com o número de esporos dos FMAs.

6- Referências Bibliográficas

ABBOTT, L. K. & ROBSON, A. D. Assessing the potential for widescale VA mycorrhizal inoculation. Bend, Forest Res. Lab. ARS. Proc. 6th North Am. Conf. Mycorrhizal, p.76-79, 1985b.

ABBOTT, L. K. & ROBSON, A. D. Growth stimulation of subterranean clover with vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Aust. J. Agric. Res., Melbourne**, 28:639-649, 1977.

ABBOTT, L. K. & ROBSON, A. D. The role of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture and the selection of fungi for inoculation. **Aust. J. Agric. Res., Victoria**, 33:389-408, 1982.

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agric. Ecosyst. Environ**, 35:121-150, 1991.

- AHMAD, M.H. Compatibility and Coselection of VAM Fungi and Rhizobia for Tropical Legumes. **Critical Reviews in Biotechnology**, 15:229-239, 1995.
- ALLEN, E. B.; ALLEN, M. F.; HELM, D. J.; TRAPPE, J. M.; MOLINA, R. & RINCON, E.. Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. **Plant and Soil**, 170: 47-62, 1995.
- ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21th. **Mycol. Res**, 100 (7): 769-782, 1996.
- ALLEN. M. F. (ed.) Mycorrhizal Functioning. London: Chapman Hall, 515p., 1992.
- AMES, R. N. & BETHLENFALVAY, G. J. Mycorrhizal fungi and the integration of plant and soil nutrient dynamics. **Journal of Plant Nutrition**, 10(9-16):1313-1321, 1987.
- AMES, R. N.; REID, C. P. P.; PORTER, L. K. CAMBARDELLA, C. Hyphal uptake and transport of nitrogen from two ¹⁵N-labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. **New Phytologist**, Oxford. 95:381-396, 1983.

- ANDREOLA, F.; PACHECO, R.G.; DIAS, L. E. & BARROS, N. F. de. Efeito da interação *Rhizobium* x micorriza vesicular-arbuscular x doses de fósforo na formação de mudas de *Acacia mangium*. In: **XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, 1:381-383, 1995.
- ANJOS, M.I.L. & ALMEIDA, R.T. Comportamento da Leucena, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., em relação a seis espécies de fungos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares. **Cien. Agron.** Fortaleza, 16(1):91-95, 1985.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: SIQUEIRA, J. O. Avanços em fundamentos e aplicação em micorrizas. Lavras-MG, p. 363-443, 1996.
- BAGYARAJ, D. J. Use of VA mycorrhizal fungi in practical agriculture. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS IV**. Mendes-RJ, p. 81-92, 1991.
- BALOTA, E. L. & LOPES, E. S. Introdução de fungo micorrízico arbuscular no cafeeiro em condições de campo. I. Persistência e interação com espécies nativas. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 20:217-223, 1996.

- BAREA, J. M. & AZCÓN-AGUILAR, C. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. **Adv. Agron.**, New York, 36:1-54, 1983.
- BAREA, J. M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. **Adv. Soil Sci.**, 15:1-39, 1991.
- BATINI, M.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S. & RAMOS, A.L.M. Resposta da leucena a dupla inoculação rizóbio-fungos micorrízicos e a adubação fosfatada. In: **Simpósio Brasileiro Sobre Microbiologia do Solo**. 2/VI RELARE, Londrina-PR, p. 93, 1994.
- BÉCARD, G. & PICHÉ, Y. New aspects on the acquisition of biotrophic status by a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Gigaspora margarita*. **New Phytol.**, 112:77-83, 1989a.
- BERBARA, R. L. L. & FONSECA, H. M. A. Colonização radicular e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares *in vitro*. In: SIQUEIRA, J. O. Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas. Lavras-MG, p. 39-65, 1996.
- BERBARA, R. L. L. (1989): Eficiência de alguns fungos vesicular-arbuscular (VA) em quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, cv Piranema). Tese de Mestrado/UFRRJ, p. 193, 1989.

- BETHLENFALVAY, G. J. & YODER, J. F. The *Glycine-Glomus-Rhizobium* symbiosis. I. Phosphorus effects on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. **Physiol. Plant.** Copenhagen, 52:141-145, 1981.
- BOLLER, B. C.; NOSBERGER, J. Influence of dissimilarities in temporal and spatial N-uptake patterns on ¹⁵N-based estimates of fixation and transfer of N in ryegrass-clover mixtures. **Plant and Soil**, 122:167-175, 1988.
- BONONI, V. L. P. & TRUFEN, S. F. B. Endomicorizas vesículo-arbusculares do cerrado da Reserva Biológica de Mogi-Guaçu-SP, Brasil. **Rickia**, 10:55-84, 1983.
- BOWEN, G. D. The biology and physiology of infection and its development. In: SAFIR, G. R. ed. Ecophysiology of VA mycorrhizal plants. CRC Press, p. 27-57, 1987.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SF. 23/24. Rio de Janeiro/Vitória. Geografia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 780p., 1983.
- BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Adv. Ecol. Res**, 21:171-313, 1991.

- BURITY, H. A.; FARIS, M. A.; COULMAN, B. E. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfafa to associated grasses in mixed swards under field conditions. **Plant and Soil**, 114:249-255, 1989.
- BUWALDA, G. J. & GOH, K. M. Host-fungus competition for carbon a cause of growth depressions in vesicular-arbuscular mycorrhizal ryegrass. **Soil Biol. Biochem.** Oxford, 14:103-106, 1982.
- BUYER, J.S. & KAUFMAN, D.D. Microbial diversity in the rhizosphere of corn grown under conventional and low-input systems. **Applied Soil Ecology**, 5:21-27, 1996.
- CALDEIRA, S. F.; CHAVES, G. M. & ZAMBOLIM, L. Associação de micorriza vesicular-arbuscular em café, limão rosa e capim-gordura. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 18(3):223-228, 1983.
- CARDOSO, E. J. B. N. & LAMBAIS, M. R. Aplicações práticas de micorrizas vesículo-arbusculares. In: Microbiologia do Solo. SBCS, Campinas, p. 283-296, 1992.
- CARDOSO, E. J. N. ; ANTUNES, V.; SILVEIRA, A. P. D. & OLIVEIRA, M. H. A. Eficiência de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares em porta-enxertos de citros. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 10:25-30, 1986.

- CARLING, D. E. & BROWN, M. F. Relative effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and yield of soy-beans. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, 44:528-532, 1980.
- COLOZZI-FILHO, A. & BALOTA, E. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Embrapa-SPI, Brasília, p.383-418, 1994.
- COLOZZI-FILHO, A.; SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; GUIMARÃES, P. T. G. & OLIVEIRA, E. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós-transplante e produção do cafeeiro. *Pesq. Agorpec. Bras.*, Brasília. 29(9):1397-1406, 1994.
- COSTA, N. L. de & PAULINO, V. T. Response of *Leucaena* to vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilization. *Leucaena Research reports*, 11: 42-44. 1990a.
- CRUSH, J. R.; COSGROVE, G. P.; BROUGHAM, R. W. Nitrogen fixation during 1979-1981 in pasture on Manawatu plains. **Journal of Experimental agriculture**. New Zealand, 11:17-20, 1983.
- DAFT, M. J. & EL-GIAHMI, A. A. Effect of *Glomus* infection on three legumes. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B.; TINKER, P. B. *Endomycorrhizas*. Academic, Press London, p. 581-592, 1975.

- DANIELS, B. A. & SKIPPER, H. D. Methods for the recovery and quantitative estimation of propagules from soil. In: SCHENCK, N. C. Methods and Principles of Mycorrhizal Research. Am. Phytopath. Soc, p. 29-35, 1982.
- DAVIS, E. A.; YOUNG, J. L. & ROSE, S. L. Unexpected progeny obtained from grasshouse study of soil pH influence on *Acaulospora laevis* inoculum. **Plant and Soil**, 88:281-284, 1985.
- DE-POLLI, H.; FRANCO, A. A.; ALMEIDA, D. L.; DUQUE, F. F.; MONTEIRO, E. M. S. & DOBEREINER, J. A biologia do solo na agricultura. EMBRAPA/UAPNBS, Seropédica, 48p., 1988.
- DIAS, L. E.; FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F. C. & FARIA, S. M. de. The use of nodulated and mycorrhizal legume trees to rehabilitation of degraded soils: one technological model used in Porto de Trombetas-PA. In: Kanashiro, m. & Parrotta, J. A. (eds), Management and Rehabilitation of Degraded Lands and Secondary Forest in Amazonia, Na International Symposium/Workshop, 1992. Proceedings... international Instituto of Tropical Forestry USDA/EMBRAPA-CPATU, p. 148-153, 1995.
- DIEDERICHS, C. Improved growth of *Cajanus cajan* (L) Millsp. In na unsterile soil by three mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, The Hague, 123:261-266, 1990.

- DODD, J.C.; ARIAS, I.; KOOMEN, I. & HAYMAN, D. S. The management of populations of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. **Plant and Soil**. Dordrecht, 122:241-247, 1990.
- EVANS, D. G. & MILLER, M. H. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and the soil-disturbance-induced reduction of nutrient absorption in maize. I. Casual relations. **New Phytology**, Oxford, 110:67-74, 1988.
- FERNANDES, A. B. & SIQUEIRA, J. O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da Região Sul do Estado de Minas Gerais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 24(12):1489-1498, 1989.
- FERNANDES, A. B. Micorrizas vesículo-arbusculares em cafeeiros da região sul do Estado de Minas Gerais. Tese Mestrado, UFLA, 88p., 1987
- FERRER, R. L. & HERRERA, R. A. El género *Gigaspora*. Gerdemann et Trappe (Endogonaceae) en Cuba. Ver. Jardim Bot. Nac. 1:43-66, 1981.
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E. F. C.; DIAS, L. E. & FARIA, S.M. Revegetation of acidic residues from bauxite mining using nodulated and mycorrhizal legume trees. In: Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils (D.O. Evans & L. T. Szott). Turrialba, Costa Rica, 1995.

- FRANCO, A.A.; CAMPELO, E. F.; SILVA, E. M. R.; FARIA, S.M.
Revegetação de solos degradados. Comunicado Técnico,
EMBRAPA/CNPBS, Itaguaí, 11 p., 1992.
- GEMMA, J. K. & KOSKE, R. E. Seasonal variation in spore abundance and dormancy of *Gigaspora gigantea* and in mycorrhizal inoculum potential of dune soil. **Mycologia**, New York, 80:211-216, 1988.
- GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. Spore of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by, wet sieving and decanting. Trans. British. **Mycol. Soc.**, 46: 235-244, 1963.
- GERDEMANN, J. W. & TRAPPE, J. W. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. **Mycologia Memoir**, (5):4, 1974.
- GERDEMANN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. **Phytopathol**, 6:397-418, 1968.
- GIOVANNETTI, M. Seasonal variations of vesicular-arbuscular mycorrhizas and *Endogonaceous* spores in a maritime sand dune. Trans. **Br. Mycol. Soc.**, London, 84:679-684, 1985.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, 84:489-500, 1980.

- GONÇALVES, L. M. B.; MOURA, V. T. L.; VALLE, M. T. S.; LEMOS, J. P. F.; BRAGA, P. I. S. & SCOTTI, M. R. M. M. L. Contribuição da fixação biológica de nitrogênio e inoculação micorrízica no crescimento de leguminosas arbóreas da mata atlântica. XXI Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do Solo, 3., Londrina-PR, p.410-417, 1994.
- GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E. & JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: Simpósio Sul-Americano, I e Simpósio Nacional, II sobre Recuperação de Áreas Degradadas. FUPEF, Foz de Iguaçu, p.31-43, 1994.
- HALL, I. R. & ABBOTT, L. K. Some Endogonaceae from South Western Australian. Trans. Br. **Mycol. Soc**, 83:203-80, 1984.
- HALL, I. R. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on two varieties of maize and one of sweetcorn. N. Z. J. **Agric. Res.**, Wellington, 21:517-519, 1978.
- HALL, I. R.; SCOTT, R. S. & JOHNSTONE, P. D. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on response of “Grasslands Huia” and “Tamar” white clovers to phosphorus. N. Z. J. **Agric. Res.**, Wellington, 20:349-355, 1977.
- HARINKUMAR, K. M. & BAGYARAJ, D. J. Effect of crop rotation on native vesicular arbuscular mycorrhizal propagules in soil. **Plant Soil**, The Hague, 110:77-80, 1988.

HARLEY, J. L. & SMITH, S. E. Mycorrhizal symbiosis. London: **Academic Press**, 483p., 1983.

HATTING, M. J.; GRAY, L. E. & GERDEMANN, J. W. Uptake and translocation of ^{32}P labelled phosphate to onion roots by endomycorrhizal fungi. **Soil Sci**, 116: 383-387, 1974.

HAWKSWORTH, D. L. Lists of names in current use: a new initiative to address a continuing problem. **Mycotaxon**, 40:445-458, 1991.

HAYMAN, D. S. & STOVOLD, G. E. Spore population and infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in New South Wales. **Aust. J. Bot.**, Victoria, 27:223-227, 1979.

HAYMAN, D. S. *Endogone* spore numbers in soil vesicular-arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. Trans. Br. **Mycol. Soc.**, London, 54:53-63, 1970.

HEICHEL, G. H.; HENJUM, K. I. Dinitrogen fixation, nitrogen transfer, and productivity of forage legume-grass communities. **Crop Science**, 31:202-208, 1991.

- HERRERA, M. A.; SALAMANCA, C. P. & BAREA, J. M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystems. **Appl. Environ. Microbiol.** Washington, 59:129-133, 1993.
- HUANG, R. S.; YOST, R. S. & SMITH, W. K. Influence of VA mycorrhiza on growth, nutrient absorption and water relations in *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Research Reports*, Paipei, 4:86-87, 1983a.
- ILAG, L. L.; ROSALES, A. M.; ELAZEGUI, F. A. & MEW, T. W. Changes in the population of infective endomycorrhizal fungi in a rice-baceb cropping system. **Plant and Soil**, Dordrecht, 103:67-73, 1987.
- IQBAL, S. H.; YOUSAF, M. & YOUNUS, M. A. field survey of mycorrhizal associations in ferns of Pakistan. **New Phytol.**, Oxford, 87:69-79, 1981.
- JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest plant growth. **Ecology**, 61(1):151-162, 1980.
- JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K. & ROBSON, A. D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of VA mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, 112:91-99, 1989.

- JEFFRIES, P. Use of mycorrhizae in agriculture. *Crit. Rev. Biotechnol*, 5:319-357, 1987.
- KENNEDY, A.C. & SMITH, K.L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, 170:175, 1995.
- KOIDE, R. T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytol**, 117:365-386, 1991.
- KOSKE, R. E. & HALVERSON, W. L. Ecological studies of vesicular-arbuscular mycorrhizae in a barrier sand dune. **Can. J. Bot.**, Ottawa, 59:1413-1422, 1981.
- KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizal. **Mycological Research**, Cambridge, 92:488-505, 1989.
- LAMBAIS, M. R. & CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e de colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 12: 249-255, 1988.
- LEE, PAU-JU & KOSKE, R. E. *Gigaspora gigantea*: parasitism of spores by fungi and actinomycetes. **Mycol. Res.**, 98(4):458-466, 1994.

LOPES, E. S.; DIAS, R. & COSTA, A. M. Problemas no desenvolvimento e na colonização micorrízica natural de mudas de café em viveiro. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS I. FAEPE**, Lavras, p.156, 1986.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, E.; DIAS, R. & SCHENCK, N. C. Occurrence and distribution of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central São Paulo State, Brazil. **Turrialba**, San José, 33:417-422, 1983a.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, A. M. L. & MORAES, F. R. P. Efeito da inoculação do cafeeiro com diferentes espécies de fungos micorrízicos vesicular-arbusculares. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 7:137-141, 1983.

LOUIS, I. & LIM, G. Spores density and root colonization of vesicular-arbuscular mycorrhizas in tropical soil. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 88:207-212, 1987.

MANJUNATH, A.; BAGYARAJ, D.J. & GOPALA-GOWDA, H.S. Dual inoculation with VA mycorrhiza and Rhizobium is beneficial to *Leucaena*, **Plant and Soil**, 78:445-48, 1984.

- MANJUNATH, A.; HUE, N. V.; HABTE, M. Response of *Leucaena leucocephala* to vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization and rock phosphate fertilization in na oxisol. **Plant and Soil**, 114:127-133, 1989.
- MARTINS, M. A. & READ, D. J. Efeitos da disrupção do micélio externo de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento vegetal. **Pesq. agrop. bras.**, Brasília, 32(11):1183-1189, 1997.
- MENGE, J. A.; JOHNSON, E. L. V. & PLATT, R. G. Mycorrhizal dependency of several citrus cultivars under three nutrient regimes. **New Phytol.**, Oxford, 81:553-559, 1978.
- MENGE, J. A.; LEMBRIGHT, H. & JOHNSON, E. L. V. Utilization of mycorrhizal fungi in citrus nurseries. **Proc. Int. Soc. Citric.**, Califórnia, 1:129-132, 1977.
- MILLER, M.H.; McGONIGLE, T.P. & ADDY, H.D. Functional ecology of vesicular arbuscular mycorrhizas as influenced by phosphate fertilization and tillage in agricultural ecosystem. Critical Reviews in **Biotechnology**, 15(4): 241-255, 1995.
- MIRANDA, J. C. C. & MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. *Biologia dos solos dos cerrados*. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p. 67-111, 1997.

- MIRANDA, J. C. C. de. Influência de fungos endomicorrízicos inoculados a campo, na cultura de sorgo e soja em um solo sob cerrado. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 6: 19-23, 1982.
- MIRANDA, J. C. Situação atual e perspectiva do uso de micorrizas no cerrado. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS III**. USP/CENA, Piracicaba, p.65, 1989.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: característica e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, p.255, 1991.
- MORTON, J. B. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature and identification. **Mycotaxon**, 32:267-324, 1988.
- MOSSE, B. & HEPPER, C. M. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in root cultures. **Physiol. Plant Pathol.**, 5:215-223, 1975.
- MOSSE, B. Specificity in VA mycorrhizas. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B. & TINKER, P. B. Endomycorrhizas, London, **Academic Press**, p.469-494, 1975.
- MOSSE, B. The influence of soil type and Endogone strain on the growth of micorrhizal plants in phosphate deficient soils. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, Paris, 9:529-537, 1972.

- MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii, Institute for Tropical Agriculture and Human Resources, (Research Bulletin, 194), 82p., 1981.
- MOSSE, B.; WARNER, A. & CLARKE, C. A. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. XIII. Spread of an introduced VA endophyte in the field and residual growth effects of inoculation in the second year. **New Phytol.**, Oxford, 90:521-528, 1982.
- MUNNS, D. N. & MOSSE, B. Mineral nutrition of Legume crops. In: SUMMERFIELD, R. J.; BUNTING, A. H., eds. Advances in Legume Science. Kew: **Royal Botanic Gardens**, p.115-125, 1980.
- NEWMAN, E. I.; CHILA, R. D. & PATRICK, C. M. Mycorrhizal infection in grasses of Kenyan Savana. **J. Ecol.**, 74:1179-1183, 1986.
- NICHOLS, O. G.; KOCH, J. M.; TAYLOR, S. & GARDNER, J. Conserving biodiversity. In: Australian Mining Industry Council Environmental Workshop. Perth. Proceedings. Perth: University of Western Australia, p.116-136, 1991.
- NICOLSON, T. H. & JOHNSON, C. Mycorrhiza in the gramineae. III. *Glomus fasciculatus* as the endophyte of pioneer grasses in a maritime sand dune. Trans. Br. **Mycol. Soc.**, London, 72:261-268, 1979.

- NOORDWIJK, M. van & HAIRIAN, K. Mycorrhizal infection to soil pH and soil phosphorus content in a rain forest of Northern Sumata. **Plant Soil**, 96:299-302, 1986.
- ODUM, E. P. Ecologia. editora Guanabara, Rio de Janeiro, p.233-280, 1983.
- PAULA, M. A. & SIQUEIRA, J. O. Efeitos da umidade do solo sobre a simbiose endomicorrízica em soja. I. Colonização radicular, esporulação e acúmulo de nitrogênio. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 11:283-287, 1987.
- PAULA, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; OLIVEIRA, L. H. & OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica relativa em soja de populações de fungos endomicorrízicos nativos e de isolados de *Glomus macrocarpum* e *Gigaspora margarita*. **R. bras. Ci Solo**, Campinas, 12:25-31, 1988.
- PELLET, D. & SIEVERDING, E. Host preferencial multiplication of fungal species of the endogonaceae in the fiel, demonstrated with weeds. In: GIANINAZZI-PEARSON, V. & GIANINAZZI, S. Physiological and Genetical Aspects Mycorrhizae, p.555-557, 1986.
- PERRY, D. A.; MOLINA, R. & AMARANTHUS, M. P. Mycorrhizae, mycorrhizospheres, and reforestation: current knowledge and research needs. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, 17(8):929-940, 1987.

- PLUCKNETT, D.L. & WINKELMANN, D.L. Technology for sustainable agriculture: **Scientific American**, September, 148-153, 1995.
- POWELL, C. L. & SITHAMPARATHAN, J. Mycorrhizas in hill country soils. IV. Infection rate in grass and legume species by indigenous mycorrhizal fungi under field conditions. **N. Z. J. Agric. Res.**, Wellington, 20:489-502, 1977.
- POWELL, C. Ll. Mycorrhizas in hill country. V. Growth responses in ryegrass. **N. Z. J. Agric. Res**, 20:495-502, 1977.
- POWELL, C. Ll. Spread of mycorrhizal fungi through soil. **New Zea. J. Agr. Res.**, Wellington, 22:335-339, 1979.
- READ, D. J. Mycorrhizal fungi in natural and semi-natural plant communities. In: The Marcus Wallemberg Foundation Symposium, Sweden. Proceedings. Sweden: Marcus Wallemberg Foudation, p.27-53, 1991.
- READ, D. J.; KOUCHECKI, H. K. & HODGSON, J. VA mycorrhiza in natural vegetation systems. I. The occurrence of infection. **New Phytologist**, 77:641-653, 1976.
- RHEINHEIMER, D. S. & KAMINSKI, J. Resposta do capim-pensacola à adubação fosfatada e à micorrização em solos com diferentes pH. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 18(2):201-205, 1994.
- RHEINHEIMER, D. S., ERNANI, P. R. & SANTOS, J.C.P. Influência da micorriza no crescimento do *Trifolium riograndense* e na predileção

de absorção de fósforo por um modelo mecanístico. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 21:191-197, 1995.

ROCHA, G. L. As leguminosas e as pastagens tropicais. In: As leguminosas na Agricultura Tropical, EMBRAPA, Centro-Sul. p. 1-27, 1971.

ROSS, J.P. & DANIELS, B.A. Hyperparasitism of endomycorrhizal fungi. In: Methods and Principles of Mycorrhizal Research (Ed. by N.C. Schenck). **The American Phytopathological Society Press**, St Paul, MN, p.55-58, 1982.

SÁ, N. M. H. de & VARGAS, M. A. T. Fixação biológica do nitrogênio por leguminosas forrageiras. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, p.125-146, 1997.

SAGGIN JÚNIOR, O. J. & SIQUEIRA, J. O. Avaliação da eficiência simbiótica de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. **R. bras. Ci. Solo**, 19(2):221-228, 1995.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G. & OLIVEIRA, E. Colonização micorrízica do cafeeiro por diferentes fungos micorrízicos: efeitos na formação de mudas e no crescimento em solo fumigado. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 19(2):213-220, 1995.

- SAITO, S. M. T.; MARTINS, E. C. S.; FREITAS, J. R. & ROSTON, A. J. Ocorrência natural de micorrizas e *Rhizobium phaseoli* em áreas com feijoeiro. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, 18(8):855-61, 1983.
- SANDERS, F. E.; TINKER, P. B. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. **Nature**, 233:278-279, 1971.
- SANO, S. M. Influência de endomicorrizas nativas do cerrado no crescimento de plantas. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 8:25-29, 1984.
- SCHENCK, N. C. & PEREZ, Y. A manual of identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. INVAM, University of Florida, Gainesville. 1987.
- SCHENCK, N. C. AND KINLOCH, R. A. Incidence of mycorrhizal fungi on six field crops in monoculture on a newly cleared woodland site. **Mycologia**, 72:445-456, 1980.
- SCHENCK, N. C.; KINLOCK, R. A. & DICKSON, D. H. Interactions of endomycorrhizal fungi and root-knot nematode on soybean. In: SANDERS, F. E.; MOSSE, B. & TINKER, P. B., eds. Endomycorrhizas. London, Academic Press, p.607-617, 1975.
- SCHENCK, N. C.; SIQUEIRA, J. O. & OLIVEIRA, E. Incidence of VA mycorrhizal fungal species in some native and cultivated cerrado soils of Minas Gerais State. **Fitopatol. Bras**, 11: 350-356, 1986.

- SCHENCK, N. C.; SPAIN, J. L.; SIEVERDING, E. & HOWELWE, R. H.
Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi
(Endogonaceae) from Colombia. **Mycologia**, 75:685-99, 1984.
- SCHRODER, V. N.; GAMBLE, J. F; SCHENCK, N. C. & DANTZMAN,
C. L. Field establishment of vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Soil
Sci. Soc. Flor. Proc.**, Gainesville, 40:142-143, 1981.
- SIEVERDING, E. & SAIF, S. R. VA mycorrhiza management: A new, low
cost, biological technology for crop and pasture production on infertile
soils. **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, Cali, 1984.
- SIEVERDING, E. Ecology of VAM fungi in tropical agrosistemas. **Agric. Ecosyst. Environ**, 29:369-390,
1990.
- SIEVERDING, E. Ecology os VAM fungi in tropical agrosystems. Agriculture. **Ecosystems and
Environment**, Amsterdam, 29:369-390, 1989.
- SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in
Tropical Agrossystems. Eschborn - Friedland: Brener, 1991.
- SILVA, E. M. R. da; FRANCO, A. A.; DIAS, L. E. & CAMPELLO, E. F.
C. Fungos micorrízicos em leguminosas arbóreas revegetando solos
degradados. In: **Reunião Brasileira de Micorrizas**, Florianópolis,
p.25, 1994.
- SILVA, E. M. R.; SOUZA, F. A. & FRANCO, A. A.. The establishment of
arbuscular mycorrhizal fungi associated with nodulated legume trees

in land reclamation in the Amazon and Atlantic forest regions of Brazil. In: First International Conference on Mycorrhizae. Berkeley, California, p.19-20, 1996.

SILVEIRA, A. P. D. & CARDOSO, E. J. B. N. Influência do tipo de solo e de fungo micorrízico vesículo-arbuscular no desenvolvimento de três cultivares de feijão. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 11:37-43, 1987.

SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: Microbiologia do Solo, SBCS, Campinas, p.257-282, 1992.

SIMOM, L.; BOUSQUET, J.; LÉVESQUE, R.C. & LALONDE, M. Origin and diversification of endogone fungi and coincidence with vascular land plants, **Nature**, 363: 67-69, 1993.

SIMPSON, D. & DAFT, M. J. Spore production and mycorrhizal development in various tropical crop host infected with *Glomus clarum*. **Plant and Soil**, Netherlands, 121:117-178, 1990.

SIQUEIRA, J. O.; MAHMUD, A. W.; HUBBELL, D. H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 10:11-16, 1986.

SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. Biotecnologia do solo: Fundamentos e Perspectivas. Brasília, MEC, ESAL, FAEPE, ABEAS, 235p., 1988.

SIQUEIRA, J. O. & MOREIRA, F. M. S. Microbiologia do solo: evolução, avanços e desafios. In: **XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Rio de Janeiro, 1997.

- SIQUEIRA, J. O. Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS IV**. Mendes, p.105-131, 1991.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas: forma e função. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS I**. Lavras, p.5-32, 1986.
- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A. & OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do Estado de Minas Gerais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 24:1499-1506, 1989.
- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E.; FERNANDES, A. B. & FLORENCE, M. L. Micorrizas vesicular-arbuscular em mudas de cafeeiro produzidas no sul do Estado de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 22(1):31-38, 1987.
- SIQUEIRA, J. O.; HUBBELL, D. M. & VALLE, R. R. Effects of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 19:1465-1474, 1984.
- SIQUEIRA, J. O.; NAIR, M. G.; HAMMERSCHMIDT, R.; SAFIR, G.R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. **CRC Crit. Rev. Plant Sci.**, 10 (1):63-121, 1991a.

- SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Importance of mycorrhizae in low-fertility soils. In: DEUTSCH, J. A., ed. Stress Physiology. México, 1994.
- SIQUEIRA, J. O.; SYLVIA, D. M.; GIBSON, J. J. HUBBELL, S. H. Spore germination, and germ tube elongation of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi. **Can. J. Microbiol.**, Ottawa, 31:965-972, 1985.
- SIQUEIRA, J.O. Biologia e Recuperação dos Solos Tropicais e Micorrizas e sua Importância na Agricultura Tropical. ABEAS-Curso de Agricultura Tropical - Módulo 2.3 - Micorrizas e sua Importância na Agricultura Tropical, 41 p., 1996.
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M. & ARAÚJO, R. S. Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambientam. EMBRAPA. SPI., Brasília, 1994.
- SIQUEIRA, J.O.; NAIR, M.G.; HAMMERSCHMIDT, R. & SAFIR, G.R. Significance of phenolic compounds in plant-soil-microbial systems. Critical Reviews in **Plant Sciences**, 10(1):63-121, 1991.
- SMITH, S. E.; St. JOHN, B. J.; SMITH, F. A.; NICHOLAS, D. J. D. Activity of glutamine syntetase and glutamate dehydrogenase in *Trifolium subterrauneum* L. and *Allium cepa* L.; E ffects of mycorrhizal infection and phosphate nutrition. **New Phytol**, 99:211-227, 1985.

- SMITH, S.E. Discoveries, discussions and directions in mycorrhizal research. In: Varma, A. Mycorrhiza. **Springer Verlag**, Berlin, p.3-24, 1995.
- SNLCS/EMBRAPA. Manual de Métodos de Análises de Solos. Rio de Janeiro, 1979.
- SÖDERSTRÖM, B. The fungal partner in the mycorrhizal symbiosis. In: The Marcus Wallemberg Foundation. Ecophysiology of Mycorrhizae of Forest Trees. Sweden: The Marcus Wallemberg Foundation, p.5-26, 1991.
- SOUTO, S. M.; PAULA, M. A.; FRANCO, A. A. Micorrizas vesicular-arbuscular em plantas forrageiras-aspectos agronômicos e interações microbiológicas. Seropédica: (Documento 7). EMBRAPA-CNPAB, 37p., 1992.
- SOUZA, F. A. & SILVA E. M. R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. Avanços em fundamentos e aplicação em micorrizas. Lavras, p.255-290, 1996.
- SPARLING, G. P. & TINKER, P. B. Mycorrhizal infection in penine grassland. I. Levels of infection in the field. J. **Appl. Ecol.**, 15:943-950, 1978.

- TANDY, P. A. Sporocarpic species of Endogonaceae in Austrália. **Aust. J. Bot.**, 23:849-66, 1975.
- TEWS, L. A. & KOSKE, R. E. Toward a sampling strategy for vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Mycol. Soc.**, 87:353-358, 1986.
- THOMSON, T. E.; MANIAN, S.; UDAIYAN, K. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal exposure period on their colonization od and spore production in tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and on host biomass. **Agriculture, ecosystems and Environment**, 51:287-292, 1994.
- TRUFEM, S. F. B. & BONONI, V. L. Micorrizas vesículo arbusculares de culturas introduzidas em área de cerrado. **Rickia**, São Paulo, 12:165-187, 1985.
- WANG, G. A.; STRIBLEY, D. P. & TINKER, P. B. Soil pH and the vesicular-arbuscular mycorrhiza. In: Fitter, A. H., 1985.
- WARNER, A. & MOSSE, B. Factors affecting the spread of vesicular mycorrhizal fungi in soil. I. Root density. **New Phytol.**, Oxford, 90:529-536, 1982.
- WEBER, O. B. & AMORIM, S. M.C. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesicular-arbuscular em mamoeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, 18:187-191, 1994.

WILSON, J. M. Competition for infection between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New phytol.**, Oxford, 97:427-435, 1984.

ZAMBOLIM, L. & SIQUEIRA, J. O. Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura. EPAMIG Belo Horizonte, (série documentos, 26), 36p., 1985.

ZAMBOLIM, L.; NEVES, J. C. L.; COSTA, H. & MACABEU, A. J. Efeito de doses de fósforo no crescimento de mudas de café na presença e ausência de fungos micorrízicos. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS I**. Lavras, FAEPE, p.200, 1986.