

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

TESE DE MESTRADO

**DIVERSIDADE, DENSIDADE DE PROPÁGULOS INFECTIVOS E
CAPACIDADE INFECTIVA DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES (FMA), EM SOLO SOB LEGUMINOSAS HERBÁCEAS
PERENES.**

Geraldo de Amaral Gravina

Seropédica
Rio de Janeiro
1998

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

TESE DE MESTRADO

**DIVERSIDADE, DENSIDADE DE PROPÁGULOS INFECTIVOS E
CAPACIDADE INFECTIVA DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES (FMA), EM SOLO SOB LEGUMINOSAS HERBÁCEAS
PERENES.**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Orientado: Geraldo de Amaral Gravina

Orientadores: Ricardo Luiz Louro Berbara
José Guilherme Marinho Guerra
Francisco Adriano de Souza

Órgão executor: Instituto de Agronomia/Departamento de Solos – Embrapa Agrobiologia

Órgão coordenador: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Apoio Financeiro: Projeto “Manejo em Agricultura Orgânica”, código SEP/EMBRAPA nº 01. 0. 96. 032

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

TESE DE MESTRADO

**DIVERSIDADE, DENSIDADE DE PROPÁGULOS INFECTIVOS E
CAPACIDADE INFECTIVA DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES (FMA), EM SOLO SOB LEGUMINOSAS HERBÁCEAS
PERENES.**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Aprovada em: 23 de outubro de 1998

Banca Examinadora:

Prof. Ricardo Luís Louro Berbara

Dr. José Guilherme Marinho Guerra

Dra. Sandra Farto Botelho Trufem

Dra. Eliane Maria Ribeiro da Silva

Seropédica - Rio de Janeiro.

Mensagem:

Sonhos e lembranças são pedaços de vida. A lembrança dos tempos passados, em seus instantes de dor ou alegria, contribui para retemperar nossas forças e para fazer de nossa estrutura interior um bloco compacto e sólido, preparado para enfrentar as circunstâncias do presente e as incertezas do futuro. Na mesma medida, o sonho é um filme da natureza particular que nos prepara os caminhos do amanhã. Como na impressionante frase de Marcel Proust “Se sonhar um pouco é perigoso, a solução não é sonhar menos, é sonhar mais”, deixemos os pedaços de vida aflorarem e nos conduzirem nessa aventura de retrospectão proposta nesta mensagem.

Aos meus pais,
Geraldo e Maria
OFEREÇO

À minha esposa, Lília
À minha filha, Gerlene
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Expresso meus sinceros agradecimentos:

A Deus, que sempre orientou meus passos e por tudo de bom que tem me proporcionado;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e seus professores, que proporcionaram toda a minha formação acadêmica;

Ao Departamento de Solos, pela minha aceitação no curso de Pós-graduação;

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo;

À Embrapa Agrobiologia, que permitiu a realização dos experimentos;

Ao professor Luiz Rodrigues Freire, por ter me iniciado na pesquisa científica;

Ao professor Ricardo Luis Louro Berbara, pela orientação;

Ao pesquisador José Guilherme Marinho Guerra, pela disponibilidade e orientação;

Ao pesquisador Francisco Adriano de Souza, pelo seu dinamismo, orientação e dedicação, muitas vezes após o horário normal de expediente, que muito contribuiu para a realização deste estudo;

Ao bolsista de Iniciação Científica Geovane Barbosa do Nascimento, pela amizade, companheirismo e sua grande contribuição a este trabalho;

Ao amigo Anselmo Lúcio dos Santos, pela parceria na realização dos trabalhos experimentais, pelo companheirismo e amizade.

Aos professores e funcionários do Departamento de Solos, pesquisadores e funcionários da Embrapa Agrobiologia, que contribuíram direta ou indiretamente para minha formação acadêmica e para este estudo;

À D^{ia} Sandra Farto Botelho Trufem, pelo curso de Taxonomia de FMA e auxílio na identificação das espécies de FMA;

Aos membros da Banca, pela contribuição;

À minha família, pela confiança e incentivo;

Ao meu irmão Hélio do Amaral, pelo apoio e incentivo constantes;

À minha esposa, Lília e à minha filha, Gerlene, por criar esperança nos momentos mais difíceis;

Aos bolsistas e estagiários do Laboratório de Micorrizas, pela amizade e companheirismo;

Aos amigos que apoiaram e foram companheiros,

Muito obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Geraldo de Amaral Gravina, filho de Geraldo Gravina Coelho e Maria José de Amaral Gravina, nasceu em Piraúba (MG), em 21 de abril de 1969. Concluiu o 1º grau na Escola Estadual Profª Francisca Pereira Rodrigues, em 1983 e o 2º grau na Escola Agrotécnica Federal de Rio Pomba (MG), em 1986, em Rio Pomba (MG). Em março de 1990, ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), graduando-se em Licenciatura em Ciências Agrícolas em setembro de 1993. No mesmo ano, reingressou no curso de Agronomia da mesma Universidade, graduando-se Engenheiro Agrônomo em março de 1996. No mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Ciência do Solo, graduando-se “Mestre” pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em outubro de 1998.

Na graduação, o autor foi monitor das disciplinas Genética Básica e Fertilidade do Solo e bolsista de Iniciação Científica do Departamento de Solos, pelo programa PIBIC-UFRRJ-CNPq. De março de 1995 a fevereiro de 1996, exerceu o cargo de professor substituto do Departamento de Genética da UFRRJ e, de março de 1998 até a presente data, atua como professor substituto na área de Estatística do Departamento de Matemática da UFRRJ.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xix
I - INTRODUÇÃO.....	1
II - OBJETIVOS.....	6
1 - Objetivo geral.....	6
2 - Objetivos específicos.....	7
3 - Hipótese de trabalho.....	7
III - REVISÃO DE LITERATURA.....	8
1 - Importância dos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA).....	8
2 - Ecologia da simbiose Micorrízica Arbuscular.....	12
3 - Identificação das espécies de FMA.....	12
4 - Desenvolvimento da colonização radicular.....	13
5 - Ocorrência e dinâmica dos FMA.....	14
6 - Densidade populacional.....	14
7 - Fontes de inóculo de FMA no solo.....	16
8 - Multiplicação de FMA e produção de inoculantes.....	16
9 - Eficiência dos FMA no crescimento e produtividade das plantas.....	19
10 - Eficiência na absorção de nutrientes.....	20
11 - Efeito na recuperação de áreas degradadas.....	22
12 - Efeito como agente de controle biológico.....	23
13 - Manejo dos FMA através de práticas agronômicas.....	24
14 - Quantificação de FMA em amostras de solo.....	25
15 - Método do Número Mais Provável (NMP).....	27
15.1 - Premissas do NMP.....	28
15.2 - Vantagens do NMP.....	29

15.3 - Desvantagens do NMP.....	30
16 - Capacidade Infectiva de FMA.....	35
17 - Diversidade de espécies de FMA.....	37
17.1 - Medidas de determinação da diversidade.....	38
17.2 - Relações entre diversidade e sustentabilidade do ecossistema.....	41
IV - MATERIAL E MÉTODOS.....	43
1 - Experimento de campo: “Avaliação de leguminosas para cobertura de solos”	43
1.1 - Coleta e preparo do solo (inóculo) teste para instalação dos bioensaios e identificação das espécies indígenas de FMA.....	44
1.2 - Coleta e preparo do solo livre de FMA.....	45
2 - Experimento do Número Mais Provável.....	46
2.1 - Preparo das diluições.....	46
2.2 - Condução do experimento.....	47
2.3 - Parâmetros avaliados.....	47
2.3.1 - Colonização Radicular.....	47
2.3.2 - Extração e identificação dos esporos do solo.....	48
2.3.3 - Avaliação dos resultados (obtenção das densidades).....	49
2.3.4 - Análise estatística dos dados.....	50
3 - Experimento da Capacidade Infectiva (CI).....	51
3.1 - Instalação e condução do experimento.....	51
3.2 - Parâmetros avaliados.....	52
3.2.1 - Extração e identificação de esporos do solo.....	52
3.2.2 - Avaliação dos resultados.....	52
4 - Índices de diversidade de espécies de FMA.....	53
5 - Nutrientes na fitomassa aérea vegetal.....	53
V - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
1 - Número de esporos determinado através da extração, identificação e contagem direta nas amostras de solo.....	55

2 - Número de Propágulos infectivos de FMA determinado pela presença ou ausência de colonização radicular nas diluições do bioensaio do NMP.....	59
3 - Número de propágulos infectivos por espécie de FMA.....	61
4 - Comparação das metodologias: NMP baseado na colonização radicular; NMP por espécie de FMA baseado na identificação dos esporos nas diluições e número de esporos no solo pela extração e contagem direta.....	73
5 - Outros aspectos importantes a considerar no uso da metodologia do NMP por espécie de FMA.....	80
6 - Capacidade infectiva das espécies de FMA.....	81
7 -Fitomassa seca de parte aérea de leguminosas e teores de nutrientes (N,P e K)	87
8 - Diversidade de espécies de FMA.....	91
VI - CONCLUSÕES.....	99
VII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
Anexo 1.....	120
Anexo 2.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Densidade de esporos por Gênero de FMA indígenas de solo, aos 18 meses após o estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes (entre o 4º e 5º corte), manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea sob a parcela. (Nº de esporos por 100g de solo seco).....	56
2	NMP por espécie de FMA nativos de solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela, entre o 4º e 5º corte (18 meses após estabelecimento das leguminosas. (Nº de propágulos por 100g de solo seco).....	56
3	Densidade de esporos de espécies de FMA indígenas de solo, 18 meses após estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes (entre o 4º e 5º corte), manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela. (Nº de esporos por 100mL de solo seco).....	58
4	Densidade geral de esporos de espécies de FMA indígenas de solo, 18 meses após estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes (entre o 4º e 5º corte), manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela. (Nº de esporos por 100mL de solo seco).....	58
5	Densidade de propágulos infectivos de FMA indígenas, avaliados pela técnica do NMP através da colonização radicular, em solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea sob a parcela, 18 meses após o estabelecimento.....	61
6	Densidade de propágulos infectivos de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) indígenas de solo , 18 meses após estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes submetidas a 4 cortes, e formas de manejo do material vegetal de corte de parte aérea.....	64

7	NMP Geral por espécie de FMA nativos de solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela, entre o 4º e 5º corte (18 meses após estabelecimento das leguminosas. (Nº de propágulos por 100g de solo seco).	66
8	Número Propágulos infectivos (NMP) por Gênero de FMA nativos de solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela, 18 meses após o estabelecimento das leguminosas (entre o 4º e 5º corte). (Nº de propágulos por 100g de solo seco)	67
9	Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes e formas de manejo do seu material vegetal (arachis)	83
10	Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes e formas de manejo do seu material vegetal (cudzu).....	84
11	Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes e formas de manejo do seu material vegetal (siratro e veg. Espontânea).....	85
12	Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes e formas de manejo do seu material vegetal (controle)	86
13	Matéria seca e teores de nutrientes (N, P e K) no material vegetal de corte de parte aérea das leguminosas por ocasião do 4º e 5º cortes.....	90
14	Índices de diversidade (Shannon, Pielou e de Simpson) calculado com os dados de densidade de esporos; de FMA indígenas de solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da remoção (manejo B) ou manutenção (manejo A) do material vegetal de corte de parte aérea, sobre as parcelas	92

15	Índices de diversidade (Shannon, Pielou e de Simpson) calculado com os dados de NMP de densidade Propágulos infectivos de FMA indígenas de solo sob leguminosas herbáceas perenes, manejadas através da remoção (manejo B) ou manutenção (manejo A) do material vegetal de corte de parte aérea, sobre as parcelas.....	94
16	Relações entre Índices de diversidade, produção de fitomassa aérea, teores de nutrientes (N, P e K) no tecido e teores acumulado, densidade de propágulos infectivos (NMP) e de esporos de FMA indígenas de solo sob leguminosas herbáceas perenes.....	97
17	Correlações entre Número de esporos e NMP de FMA nativos de solo coberto por leguminosas herbáceas perenes.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distribuição geral das espécies de FMA indígenas, recuperadas pelo método da contagem direta dos esporos nas amostras de solo do campo, coletadas 18 meses após estabelecimento das plantas (entre o 4º e 5º corte). (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.....	60
2	Distribuição geral das espécies de FMA indígenas do solo, recuperadas pela técnica do NMP baseado na identificação dos esporos gerados nas diluições. (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.....	63
3 A	Distribuição dos gêneros de FMA indígenas do solo sob leguminosas herbáceas perenes, 18 meses após seu estabelecimento, recuperadas pela técnica do NMP baseado na identificação dos esporos nas diluições. (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela	68
3B	Distribuição dos gêneros de FMA indígenas do solo sob leguminosas herbáceas perenes, 18 meses após seu estabelecimento, recuperados pela técnica da extração e contagem direta dos esporos nas amostras do solo do campo. (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela	68
4	Figura 4 A ₁ (gênero <i>Glomus</i>) NMP.....	69
4	Figura 4 A ₂ (gênero <i>Glomus</i>) Esporos.....	69
4	Figura 4 B ₁ (gênero <i>Acaulospora</i>) NMP.....	70
4	Figura 4 B ₂ (gênero <i>Acaulospora</i>) Esporos.....	70
4	Figura 4 C ₁ (gênero <i>Scutellospora</i>) NMP.....	71

4	Figura 4 C ₂ (gênero <i>Scutellospora</i>) Esporos.....	71
4	Figura 4 D ₁ (gênero <i>Gigaspora</i>) NMP.....	72
4	Figura 4 D ₂ (gênero <i>Gigaspora</i>) Esporos.....	72
5	Densidades de propágulos infectivos (nº/100g de solo) determinados pela técnica do NMP total; NMP por espécie de FMA e Densidade de Esporos. Comparação entre plantas e os Manejos: (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.....	77
6	Densidades de propágulos infectivos (nº/100g de solo) determinados pela técnica do NMP total; NMP por espécie de FMA e Densidade de Esporos. Comparação entre os Manejos: (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.....	78
7A	Amplitude de variação da densidade de esporos de FMA (nº/100mL) em solo sob leguminosas herbáceas perenes. “Ranking” das espécies de FMA.....	78
7B	Amplitude de variação da densidade de propágulos infectivos de FMA (nº/100g) em solo sob leguminosas herbáceas perenes. “Ranking” das espécies de FMA	79

RESUMO

Avaliaram-se entre 1997 e 1998, em experimento de longa duração, implantado em 03/95, localizado no campo experimental da Embrapa Agrobiologia em solo Podzólico Vermelho distrófico (PVd) série Itaguaí - RJ, o Número de Propágulos Infectivos (NPI) e a Capacidade Infectiva (CI) de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) indígenas, em solo coberto com diferentes leguminosas herbáceas perenes que, após o estabelecimento, foram roçadas duas vezes ao ano. A parte aérea, após o corte das leguminosas, foi manejada através da remoção ou manutenção em cobertura sobre a parcela. As leguminosas sob avaliação foram: *Arachis pintoii*; *Macroptilium atropurpureum*; *Pueraria phaseoloides* e vegetação espontânea mantida capinada, num delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas.

Para a estimativa do NPI e a avaliação da CI, instalaram-se bioensaios em casa-de-vegetação com amostras coletadas aproximadamente aos 22 meses após a implantação do experimento de campo, após o 4º corte das plantas. Nessas amostras, fez-se a contagem dos esporos de FMA. Para a avaliação do NPI empregou-se o bioensaio do Número Mais Provável (NMP), onde as diluições foram feitas em 9 séries, na base 4 e com 5 repetições por diluição. No bioensaio

da CI, empregou-se a metodologia de planta isca com *Sorghum bicolor* crescendo no inóculo (amostras do campo), sendo transplantadas após 7, 14, 21, 28 e 35 dias, para potes com solo esterilizado, tendo sido o sistema radicular cuidadosamente lavado. Em ambos os bioensaios, as plantas de sorgo foram cultivadas até a senescência (6 meses), quando coletou-se o substrato e através dos esporos existentes nele, identificou-se e quantificou-se as espécies de FMA presentes. Foi determinado o NPI por espécies individuais de FMA pela técnica do NMP baseado na identificação dos esporos gerados nas diluições e o NPI determinado pelo NMP baseado na colonização radicular.

Os resultados indicaram que a manutenção dos materiais vegetais promoveu aumento no número de esporos e no NPI quando comparado com a remoção dos resíduos, independentemente da espécie de leguminosa. Entre as leguminosas, não houve diferença significativa na estimativa do NPI pelo NMP baseado na identificação dos esporos gerados nas diluições. Na avaliação do NPI baseado na colonização radicular, *A. pintoii* proporcionou maior NPI no solo do que *M. atropurpureum*. Ao se avaliar o NPI por espécie de FMA observou-se comportamento diferenciado para cada uma das espécies individuais. A técnica da CI recuperou 14 espécies de FMA, a da contagem direta dos esporos 16, enquanto que pelo NMP detectou-se 18 espécies: *Glomus diaphanum*; *G. etunicatum*; *G. macrocarpum*; *G. microcarpum*; *G. occultum*; *G. sp1*; *Scutellospora castanea*; *S. heterogama*; *S. weresubiae*; *Acaulospora appendicula*; *A. rehmsii*; *A. mellea*; *A. morrowiae*; *A. scrobiculata*; *A. tuberculata*, *Gigaspora albida*; *G. decipiens* e *Sclerocystis sinuosa*. A técnica da CI não detectou *S. castanea*; *A. tuberculata*; *G. decipiens* e *S. sinuosa*, e a extração e contagem direta dos esporos, *G. sp1* e *G. decipiens*. As demais espécies de FMA foram recuperadas pela técnica da CI e extração de esporos. As espécies *G. occultum*; *G. diaphanum*; *G. macrocarpum*; *G. etunicatum*; *A. scrobiculata*; *A. rehmsii* e *A. mellea* infectaram as raízes do sorgo em até 7 dias de exposição no inóculo, e revelaram alto número de propágulos infectivos, sendo então consideradas como de infectividade muito alta e alta densidade. *S. heterogama*, apesar de presente em baixa densidade

populacional (baixo valor de NMP) infectou em até 14 dias de exposição, apresentando, portanto, capacidade infectiva alta e baixa densidade. O contrário ocorreu com *S. castanea* e *A. tuberculata*, que apesar do alto NPI, não infectaram as raízes do sorgo até 35 dias de exposição no inóculo. As demais espécies apresentaram baixo NPI e CI. O alto número de repetições (12) no bioensaio da CI, permitiu verificar que houve maior variabilidade entre as repetições de campo do que as de casa-de-vegetação.

As três metodologias revelaram resultados distintos, sendo observado que a contagem direta dos esporos no solo e o NPI baseado na colonização radicular subestimaram a densidade de propágulos e, o NPI baseado na identificação dos esporos de cada espécie gerados nas diluições do NMP revelou maiores valores de estimativas de propágulos infectivos de FMA.

As densidades populacionais de FMA correlacionaram-se positivamente com a produção de fitomassa seca de parte aérea das plantas e teores de nutrientes (N, P e K) acumulados. Com os dados de densidades de esporos e NPI por espécie de FMA, procederam-se cálculos de índices de diversidade específica de FMA, os quais indicaram que as plantas hospedeiras, bem como as formas de manejo, proporcionaram alterações no componente equitabilidade da diversidade, sem alterar a riqueza de espécies.

ABSTRACT

In a long term experiment which began in March 1995 in a experimental field situated at Embrapa – Agrobiologia, on a distrofic podzolic soil, the number of infective propagules (NPI) and the infective capacity (CI) of native arbuscular mycorrhizal fungi (FMA) were evaluated. The soil was cropped with different legumes (*Arachis pintoii*; *Macroptilum atropurpureum*; *Pueraria phaseoloides* and native vegetation). They were cut twice a year and maintained or totally removed from the surface of the soil. The experimental was in factorial and in randomized blocks design whit split-plot.

NPI and CI were determined after bioassays in greenhouse condition, with samplings collected after 22 months of legume management. The number of FMA was determined by MPN (for NPI), where the dilutions were done in 9 series at base 4 and with 5 replicates to each dilution. CI was determined by the trap culture technique using *Sorghum bicolor* growing in pots containing soil samples and transplanted after 7; 14; 21; 28 and 35 days to sterilized soil. In both bioassays, *Sorghum* was grown until senescence (6 months), when the substrate and the FMA were identified and quantified. NPI by individual species of FMA by technique of NPM determined by identification of the spores produced in dilutions and The NPI was also determined by root colonization.

The results show that NPI and the total number of spores were higher in treatments where the legumes were not removed. NPI did not show any difference based on NMP determinations based on spore production at all dilutions. NPI determined by root colonization highlighted some differences. *A. pintoii* had higher NPI than *M. atropurpureum*.

CI recovered 14 FMA species, spores extraction recovered 16, while NPM by individual species recovered 18: *G. diaphanum*; *G. etunicatum*; *G. macrocarpum*; *G. microcarpum*; *Glomus occultum*; *G. sp1*; *Scutellospora castanea*; *S. heterogama*; *S. weresubiae*; *Acaulospora appendicula*; *A. rehmi*; *A. mellea*; *A. morrowiae*; *A. scrobiculata*; *A. tuberculata*; *Gigaspora albida*; *G. decipiens* e *Sclerocystis sinuosa*. The CI technique did not detect *S. castanea*; *A. tuberculata*; *G. decipiens* and *S. sinuosa*, the spores extraction and identification technique did not detect *G. sp1* and *G. decipiens*. All other species were recovered by CI and spores extraction. *G. occultum*, *G. diaphanum*; *G. macrocarpum*; *G. etunicatum*; *A. scrobiculata*; *A. rehmi* and *A. mellea* infected sorghum roots after 7 days in soil-inoculum. They were considered species of high infectivity and abundance. *S. heterogama* in spite of having low abundance (low NMP), infected after 14 days, evidencing a high infective potential. The opposite was observed with *S. castanea* and *A. scrobiculata*, which developed high levels of NMP but low root colonization after 35 days. The other species had low NPI and CI. The high number of replicates (12) at the CI bioassays indicated higher variability in field than greenhouse replicates.

These three methods revealed that both spore number, determined by counting, and NPI, based on root colonization, underestimate propagule density. NPI based on spore identification for each species had higher values of infective propagules. FMA density correlate positively with the biomass of the shoot and nutrient (N, P, K) accumulation. Biodiversity indices associated with soil-crop management indicated changes of evenness without changes on the richness parameter.

I - INTRODUÇÃO

Com a explosão demográfica dos últimos anos, a necessidade do uso de recursos do planeta está sendo maximizada, representando, atualmente, grande desafio para a ciência. O solo é um destes recursos e, juntamente com seus organismos, contribui de modo decisivo para a manutenção da vida e para o equilíbrio da biosfera. Seu estudo tem sido intensificado nas últimas décadas, principalmente nos aspectos tocantes aos seus organismos e, dentre estes, destacam-se os simbioses, tais como os fungos micorrízicos arbusculares e as bactérias fixadoras de nitrogênio, por exercerem papel importante para a funcionalidade e manutenção dos ecossistemas naturais, manejados e principalmente degradados. As pesquisas envolvendo estes organismos têm como objetivo prático aumentar a produção de plantas em solos marginais, reduzir o uso de fertilizantes químicos e contribuir para alcançar um padrão de agricultura mais sustentável e menos dependente de insumos (Siqueira & Moreira, 1996).

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) da classe dos Zygomycetes, ordem Glomales (Morton & Benny, 1990), possuem a capacidade de colonizar as raízes das plantas vasculares numa perfeita integração mutualista. A micorriza arbuscular é mais ancestral e também é a mais comum dentre os diferentes tipos de micorrizas (Allen, 1996). Estes fungos se associam com a maioria das plantas, ocorrem na maioria dos solos e em diversas regiões (Trappe, 1987). Portanto, sua ocorrência é generalizada, sendo considerada uma simbiose universal (Nicolson, 1967), sendo que o fungo não apresenta especificidade em relação ao hospedeiro. Dentre os fatores que afetam a simbiose, citam-se os edáficos (estresses, níveis de P, pH e Al), os climáticos e as práticas culturais como os mais importantes (Siqueira et al., 1994).

Nas últimas décadas, intensificaram-se os estudos com os FMA, na busca de maior conhecimento de seus efeitos nas plantas e na perspectiva de utilização prática em culturas de interesse econômico. Inúmeros trabalhos de levantamento populacional de FMA, em ecossistemas naturais e em culturas de interesse econômico, têm sido conduzidos. Também têm sido isoladas novas espécies de fungos, testando-se sua eficiência em beneficiar o crescimento de plantas cultivadas.

Os benefícios potenciais para o hospedeiro são consistentes e já foram amplamente demonstrados em dados de literatura Smith & Read, (1997). Segundo Menge et al. (1978), economia de US\$500,00/ha com adubos fosfáticos poderia ser obtida pela inoculação de FMA efetivos em citrus na Flórida. Esses benefícios potenciais poderiam ser inseridos na nossa citricultura. No Brasil, as micorrizas assumem papel extremamente importante devido às grandes áreas de solos pobres ou degradados pela ação antrópica e ao grande número de culturas de interesse econômico que apresentam dependência micorrízica (Mendonça & Oliveira, 1996). Lopes & Siqueira (1981) estimaram que 260 mil toneladas de P_2O_5 poderiam ser economizadas anualmente com a micorrização na cultura da soja na região de cerrados brasileira. Siqueira et al. (1994), com o uso de substâncias aromáticas (formononetina), estimulante dos FMA nativos, em milho e soja cultivados em solos

de cerrado, obtiveram acréscimo de 72 e 14 dólares/ha para cada cultura, respectivamente. Porém, esta prática ainda se encontra em condições de pesquisas, sendo muitos os fatores que nela interferem.

Um dos maiores obstáculos aos estudos e à utilização prática dos FMA na agricultura, via a inoculação de espécies efetivas, é o fato destes simbioses serem biotróficos obrigatórios, não sendo possível sua multiplicação em meios axênicos. O seu uso em larga escala ainda é restrito pela baixa disponibilidade de inoculante, pouca praticidade de inoculação em condições de campo, armazenamento, custo de produção, efetividade e aceitação do inoculante no mercado, dificultando os programas de inoculação.

Uma alternativa seria empregar estratégias de manejo que visa a manutenção ou o aumento do potencial de inóculo de qualidade de FMA no solo. Dentre estas, destacam-se o uso de plantas multiplicadoras como culturas precedentes à cultura principal (Souza, 1996; Espíndola et al., 1998), plantas usadas como coberturas vivas de solos em pomares (Gravina et al., 1998), leguminosas usadas como adubos verdes (Berbara et al. 1985). A utilização de fertilizantes e corretivos, rotação de culturas, redução do período de pousio, erosão e aumentos de temperatura e umidade do solo também podem alterar a densidade de FMA do solo.

Os trabalhos de inoculação têm evidenciado que as espécies de FMA diferem em sua capacidade de colonizar as raízes, esporular no solo e também influenciar as plantas. Todavia, estes estudos na maioria das vezes, são feitos sob condições controladas, em substrato esterilizado e os resultados obtidos nestas condições não são repetidos no campo, evidenciando a necessidade e a importância de estudos sob condições naturais.

Para o desenvolvimento de estudos sobre ecologia, manejo e introdução de fungos exóticos num dado ecossistema, é fundamental conhecer a densidade de propágulos infectivos, capacidade infectiva e efetividade dos FMA (Abbott & Robson, 1981b; Souza, 1996). Entretanto, algumas metodologias utilizadas nos estudos de

FMA são básicas e seu domínio é o pré-requisito para a maioria dos trabalhos, mesmo aqueles que procuram utilizar técnicas avançadas.

Numerosos métodos são usados para a avaliação da ocorrência de propágulos infectivos de FMA. Alguns deles são utilizados para avaliar a população de fungos endomicorrízicos, como o método do Número Mais Provável (Porter, 1979; An et al., 1990; Hendrix et al., 1995), estimando a densidade de propágulos infectivos no solo; taxa e comprimento de raízes colonizadas (Giovannetti & Mosse, 1980); extração e contagem de esporos (Gedermann & Nicolson, 1963). Estas metodologias apresentam pontos negativos e positivos, e fornecem informações que muitas vezes se complementam (An et al., 1990).

Um dos pré-requisitos de maior importância para o sucesso dos trabalhos com FMA seria a obtenção de um método mais preciso para avaliar qualitativa e quantitativamente a campo a sua população e estudar também a influência do manejo aplicado ao ecossistema, sobre a população destes fungos.

Assim, o conhecimento das características de fungos indígenas é o primeiro passo para a definição da estratégia de inoculação. Se a qualidade destes fungos for baixa, a única opção é a introdução de simbiontes efetivos. Se a sua efetividade for alta, mas a capacidade infectiva for baixa, seja pela competição com outros organismos, seja pela inibição de seu desenvolvimento por algum fator ambiental, o manejo do solo se justifica (Berbara, 1989). O manejo das espécies nativas através do uso adequado do solo e culturas que permitam a manutenção e proteção do sistema simbiótico e a viabilização da inoculação com espécies exóticas de FMA, são linhas de pesquisa que devem ser estudadas (Miranda, 1992).

Para que a utilização das espécies nativas ou a inoculação artificial seja bem sucedida, são necessários estudos quanto à caracterização individual e a dinâmica das diferentes espécies de FMA indígenas ou exóticos, em diferentes agroecossistemas, capacidade infectiva e associações preferenciais entre espécies de FMA e planta hospedeira, bem como o seu manejo e diversidade. O conhecimento dessas interações

permitirá a utilização de espécies de FMA mais eficientes para cada situação particular, nos diversos sistemas de produção agrícola. A avaliação quantitativa e qualitativa das populações de FMA nos diferentes agro e ecossistemas permitirá comparar suas diversidades de riqueza e uniformidade de espécies, que podem estar relacionadas com o equilíbrio e a sustentabilidade dos ecossistemas naturais e manejados.

II - OBJETIVOS

1 - Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar, a partir de diferentes metodologias, as relações entre a densidade de propágulos infectivos e capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares indígenas de solo sob cultivo de leguminosas herbáceas perenes empregadas como coberturas permanentes de solo, e formas de manejo da parte aérea dessas plantas após o corte.

Neste contexto, objetiva-se a obtenção de um método mais preciso para avaliar quantitativa e qualitativamente a população destes fungos, gerando informações que permitam o estabelecimento de estratégias de manejo agrícola capazes de ampliar a oferta de propágulos de fungos micorrízicos e a compreensão deste processo. Esta estratégia seria um dos primeiros procedimentos para o sucesso dos trabalhos com FMA em condições de campo.

2 - Objetivos Específicos

- (1) - Avaliar quantitativa e qualitativamente a população de FMA pela extração, identificação e contagem direta de esporos e pela técnica do bioensaio do Número Mais Provável (NMP), de um PVd cultivado com leguminosas herbáceas perenes: *Arachis pintoii*, *Macroptilium atropurpureum* e *Pueraria phaseoloides* submetidas a manejos de forma distintas;
- (2) Estimar as densidades de propágulos infectivos de FMA pela técnica do NMP baseado na colonização radicular do substrato das diluições e pelo NMP por espécies individuais de FMA baseado na identificação dos esporos gerados no substrato das diluições;
- (3) Comparar estas metodologias quanto a sensibilidade em estimar as populações de FMA quantitativa e qualitativamente;
- (4) - Avaliar a capacidade infectiva das espécies de FMA indígenas do solo em estudo;
- (5) - Determinar índices de diversidade de FMA em solo sob distintos manejos.

3 - Hipótese de trabalho

Através do manejo e culturas, pode-se alterar a população de FMA nos seus aspectos quantitativos (densidade de esporos e NPI) e qualitativos (biodiversidade e CI).

III - REVISÃO DE LITERATURA

1 - Importância dos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA)

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

Os benefícios potenciais da simbiose para o hospedeiro, promovendo o seu crescimento em solo de baixa fertilidade natural, estão amplamente demonstrados na literatura (Mosse, 1973; Siqueira & Franco, 1988; Sieverding, 1991; Bolan, 1991; Colozzi-Filho & Balota, 1994; Hendrix et al., 1995; Mcgee et al., 1997), através da melhor utilização e conservação de nutrientes no ambiente, modificações fisiológicas e bioquímicas (Siqueira & Franco, 1988) com aumento da taxa fotossintética e exploração do solo pela rede micelial, potencializando a absorção de elementos de

baixa mobilidade além da zona de depleção (Hayman & Mosse, 1972; Mosse, 1973; Bolan, 1991; Sieverding, 1991). Nas condições tropicais, o interesse ainda é maior, onde o P é o elemento que mais limita a produção vegetal, visto que os solos normalmente apresentam baixos teores disponíveis desse elemento, devido sua alta capacidade de fixação (Bolan, 1991) e também em virtude da própria origem do solo (rocha-mãe).

A importância da associação micorrízica arbuscular (MA) na absorção de nutrientes minerais pela planta, e a redução da necessidade de adubação com fosfatos em algumas circunstâncias já é recomendada amplamente (Berbara, 1989).

Entretanto, a associação micorrízica não substitui a adubação fosfatada mas aumenta a eficiência de utilização pelas plantas do fósforo nativo ou adicionado ao solo através da adubação (Miranda & Miranda, 1997). Menge et al. (1978) concluíram que a inoculação de plantas de citros com FMA permitiu melhor aproveitamento do superfosfato triplo utilizado como fertilizante, resultando em economia de até US\$500,00/ha. De acordo com Lopes & Siqueira (1981), a soja, cultura de grande interesse econômico, utiliza em torno de 23% da demanda de fertilizantes fosfáticos na região do Cerrado brasileiro. Para essa cultura estimou-se que o equivalente a 260 mil toneladas de P_2O_5 poderiam ser economizados, anualmente, em função de aumento na absorção de P pelas plantas, devido a micorrização.

A micorriza pode também aumentar a sobrevivência das plantas em períodos de seca ou no transplântio de mudas (Colozzi-Filho et al., 1994; Menge et al., 1978). Além disso, essa associação pode interferir na agregação do solo, ou atuar como agente de controle biológico da ação de microrganismos fitopatogênicos de raízes (Linderman, 1992). Segundo Smith & Smith (1990), as associações micorrízicas apresentam potencial para serem utilizadas no aumento de produção agrícola nos trópicos por poderem atuar como mecanismo biológico benéfico para as plantas, principalmente em situações de estresse edafoclimático.

No Brasil, as micorrizas assumem papel extremamente importante devido às grandes áreas de solos pobres, ou degradados pela ação antrópica, e ao grande número de espécies vegetais economicamente importantes que apresentam dependência micorrízica (Mendonça & Oliveira, 1996).

O ambiente modula o funcionamento da simbiose juntamente com as características intrínsecas ao fungo e às plantas relacionadas a fatores ambientais, como fertilidade, umidade, aeração, textura, biota, temperatura e manejo do solo (Siqueira, 1991). Porém, o balanço entre o dreno de fotossintatos e os benefícios trazidos pelo fungo à planta são sensíveis e controlados, particularmente pela disponibilidade de P na planta (Siqueira & Collozi-Filho, 1986). Outra forma das plantas regular a colonização micorrízica pode ser através do controle da transferência de fotossintatos para o fungo, reduzindo a alocação de carboidratos ao sistema radicular ou regulando a transferência destes nos arbúsculos. Gianinazzi-Pearson (1992) sugere que o controle da infecção micorrízica é feito pela produção de compostos inibidores de FMA. Outros autores sugerem outras formas de controle como através de exudatos flavanóides (Siqueira, 1991); fitoalexinas (Koide & Scheiner, 1992), alterações anatômicas em torno da hifa (Peterson & Ackerley, 1989, citado por Siqueira et al. 1989). Entretanto, Saggin Júnior (1997), relata que a disponibilidade de fósforo no solo e a dependência micorrízica das plantas sejam os principais fatores de controle da colonização micorrízica das plantas.

Os FMA não apresentam especificidade alta em relação ao hospedeiro vegetal (Bever et al., 1996). Uma espécie de FMA coloniza grande número de espécies vegetais. Isto ocorre, por exemplo, com *Glomus etunicatum*, espécie cosmopolita amplamente estudada, efetiva em promover o crescimento e nutrição das plantas (Saggin-Júnior, 1997).

A ocorrência das micorrizas em condições naturais é generalizada. Ocorre na maioria dos solos e em plantas nativas, e nas de maior interesse econômico, como por

exemplo, as plantas de soja, feijão, milho, sorgo, trigo, arroz, café, cana-de-açúcar, batata-doce, gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais e espécies arbóreas como Seringueira, *Pinus sp* e *Eucaliptus sp*, e ainda plantas ornamentais (Zambolim & Siqueira, 1985). Em outros trabalhos também foram evidenciados a ocorrência e seus benefícios na cultura do girassol (Loureiro et al., 1996), fruteiras (Paron et al., 1996), bananeira (Yano et al., 1996; Silva Neto et al., 1998), goiabeira, gravioleira (Chu, 1997), mamoeiro (Dias júnior et al., 1997), videira (Gerola et al., 1998), pupunheira e dendezeiro (Carvalho et al., 1997). Os FMA têm importância destacada para as culturas que passam por condições de viveiro, como plantas cítricas e arbóreas (Melloni et al., 1996) e para plantas micropropagadas, como abacaxizeiro e maracujazeiro (Silva et al., 1996), batata-doce (Paiva et al., 1998; Espíndola et al., 1998).

Os FMA parecem adaptar-se a determinadas características 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 (Paula & Siqueira, 1987; Smith et al., 1988, citados por Weber, 1994).

Os resultados de pesquisa têm mostrado os efeitos positivos da micorriza na produtividade de grande número de culturas, sendo que o uso de práticas agrícolas como: calagem e adubações adequadas, utilização de adubos verdes e rotação de culturas nos sistemas de produção, podem influenciar a propagação dos FMA e estimular seus efeitos (Bethlenfalvay, 1992; Hendrix et al., 1995; Espíndola et al., 1998). A aplicação de resíduos de plantas aumenta a infecção e o número de esporos em leguminosas em campo (Sieverding & Saif, 1984).

Essas associações são, portanto, componentes naturais importantes dos ecossistemas tropicais e desempenham papel fundamental na sua funcionalidade e sustentabilidade (Alexander et al., 1992; Miranda & Miranda, 1997).

2 - Ecologia da simbiose Micorrízica Arbuscular

O manejo dos FMA requer, basicamente, informações sobre sua identidade e ocorrência no reino vegetal, assim como o conhecimento de sua biologia e do seu desenvolvimento na raiz. As diversas espécies desses fungos diferenciam entre si quanto à efetividade (An et al., 1990; Miranda & Miranda, 1997), sendo, portanto, importante conhecer as condições ambientais onde cada espécie se desenvolve.

Dentre os fatores que afetam a simbiose, destacam-se os edáficos relacionados particularmente com o estresse característico de alguns ecossistemas como os níveis de P, o pH e o Al como os mais freqüentemente estudados, afetando principalmente as plantas forrageiras (Mendonça & Oliveira, 1996). Além destes, considera-se também os fatores climáticos e práticas culturais como adubação verde, pesticidas, consorciamento, rotação de culturas e o uso do fogo. As interações dos FMA com outros organismos do solo, como nematóides e outros fitopatógenos, bactérias solubilizadoras de fosfatos e fixadoras de nitrogênio, constituem informações básicas em estudos ecológicos sobre os FMA (Mendonça & Oliveira, 1996).

3 - Identificação das espécies de FMA

A identificação dos fungos envolvidos na simbiose micorrízica arbuscular é necessária para comparar resultados obtidos em condições ambientais diferentes, identificar as associações preferenciais entre espécies de plantas e fungos e recomendar as práticas adequadas para o seu manejo.

As espécies de FMA são normalmente diferenciadas através da morfologia de seus esporos de resistência (Hayman, 1983; Morton, 1990). Atualmente, novas técnicas tem sido utilizadas para identificar as diferentes espécies de FMA englobando a utilização de métodos moleculares, bioquímicos e sorológicos (Morton et al., 1995).

Atualmente, cerca de 162 espécies de FMA foram descritas, das quais grande número está representada na Coleção Internacional de Fungos Micorrízicos Arbusculares (INVAM), sediada na Universidade de West Virgínia, EUA (Morton et al. 1993). O número de espécies descritas têm aumentado nas últimas décadas, entretanto, muitas espécies novas poderão ser descobertas e seus benefícios sobre as culturas poderão ser avaliados, principalmente nos ecossistemas tropicais onde a diversidade e a quantidade destes fungos são elevadas.

4 - Desenvolvimento da Colonização Radicular

O micélio externo pode crescer consideravelmente no solo, podendo aumentar o volume de solo a ser explorado pela planta de 5 até 200 vezes. Enquanto 1 cm de raiz não colonizada pode explorar em torno de 1 a 2 cm³ de solo, é comum que esse volume aumente para 12 a 15 cm³ para cada cm de raiz colonizada. As raízes colonizadas com FMA utilizam os íons fosfatos das mesmas frações do solo que a raiz não colonizada. Entretanto, as raízes colonizadas apresentam superfície de absorção maior e melhor distribuída (Sieverding, 1991).

5 - Ocorrência e dinâmica dos FMA

A ocorrência dos FMA é generalizada nas plantas e nos diversos ecossistemas, sendo então considerada como simbiose universal (Nicolson, 1967). Em condições de monocultura como a de soja e milho, verifica-se efeito seletivo do hospedeiro nas populações de fungos no solo e na abundância de seus propágulos. Em cultivo de mandioca, verifica-se que as condições edafo-climáticas e práticas culturais afetam a predominância de espécies de FMA, assim como a abundância desses fungos (Balota et al., 1991). Poucos são os trabalhos efetuados em ecossistemas naturais, principalmente sobre a ocorrência dos FMA, os tipos de micorrizas em diferentes hospedeiros, identificação, abundância e diversidade específica (Mendonça & Oliveira, 1996). Tais estudos são importantes para o estabelecimento de estratégias de sustentabilidade e conservação dos ecossistemas, alguns com fortes ações antrópicas (Silva et al., 1994), como os sistemas de dunas (Trufem et al., 1996) e áreas degradadas afetadas por poluição (Trufem & Viriato, 1995).

6 - Densidade Populacional

A densidade populacional de FMA nativos nos diferentes ecossistemas naturais na região dos Cerrados (média de 25 esporos/50cm³ de solo no Distrito Federal e 46 esporos/50cm³ de solo em Minas Gerais) é baixa, porém variada (Siqueira et al. 1989). Nos agrossistemas os fungos apresentam densidade populacional mais elevada, que pode variar em função dos fatores edafoclimáticos, bem como, em decorrência das práticas agrícolas (Miranda & Miranda, 1996; Siqueira et al., 1989).

Em geral, observa-se acréscimo gradativo do número de esporos no solo a partir do início do período chuvoso, seguido de decréscimo no período seco. Entretanto, esta variação pode ser significativa ou não, de acordo com a cultura utilizada (Miranda, 1992).

Miranda (1992) observou que em áreas cultivadas com soja houve acréscimo do número de esporos de FMA nativos, quando comparadas a áreas em pousio, porém menor que nas áreas com *Andropogon* e pastagens consorciadas. A variabilidade no número de esporos foi maior em função da alternância de períodos chuvoso e seco.

A utilização de práticas agrícolas, como o cultivo de plantas para a adubação verde pode, também, aumentar a ocorrência dos FMA no solo. Bowen (1987) observou acréscimo significativo de densidade de propágulos de FMA do solo após o cultivo e incorporação de mucuna e soja, que se acentuou no segundo plantio com a cultura do milho e decréscimo na densidade determinada pela técnica do número mais provável, quando o solo foi mantido em pousio.

Por outro lado, a aplicação de adubos fosfáticos pode influenciar a ocorrência de FMA no solo, cuja densidade varia em função das doses de P utilizadas. Miranda et al. (1994) observaram acréscimo do número de esporos em solo com baixo teor de P disponível, até o nível de 25 mg de P/kg, o qual decresceu nos níveis mais altos de adubação. Essa variação foi também observada sob condições de campo, onde o acréscimo do número de esporos ocorreu até o nível de 200 Kg/ha de P_2O_5 aplicado. Os acréscimos de densidade correlacionaram-se positivamente com os teores de matéria seca no milho. Outras práticas, como a correção da acidez do solo através de calagem, podem influenciar, também, a ocorrência e a densidade dos FMA no solo.

Miranda & Miranda (1997) observaram o comportamento de 16 espécies de FMA nativos, quando se cultivou sorgo, onde a produção de propágulos no solo e a colonização radicular variaram em função das espécies de fungos e da acidez do solo. A ocorrência diferenciada de algumas espécies de FMA em função do pH do solo foi relatada por Siqueira (1989) e Sieverding (1991).

7 - Fontes de inóculo de FMA no solo

Os propágulos de FMA podem consistir de hifas e esporos além de vesículas ou raízes infectadas. Os esporos são considerados estruturas estratégicas de sobrevivência para suportar períodos adversos. Consequentemente, o potencial de inóculo de um solo pode estar relacionado tanto com o número de esporos, quanto com o número total de propágulos da população micorrízica. A quantificação e qualificação dos esporos e demais propágulos infectivos dos FMA indígenas do solo constitui pré-requisito básico para o sucesso dos trabalhos com estes fungos, pois toda estratégia de manejo da população nativa ou da inoculação de espécies exóticas dependem do conhecimento do potencial inicial de inóculo do solo para determinar a forma de ação.

Os esporos de FMA estão relacionados com o potencial de inóculo do solo por serem considerados como estruturas de reprodução e também de resistência, principalmente em condições adversas, e seu potencial, como inóculo, está condicionado à sua capacidade de germinar (Balota & Lopes, 1996a).

Abbott & Robson (1981a) consideram esporos e fragmentos de raízes colonizadas como maiores fontes de infecção inicial do solo. A rede de hifas é a mais importante fonte de infecção inicial, em solo não perturbado. Essa rede confere infecção mais rápida (Jasper et al., Abbott & Robson, 1981b) sendo que, nas condições de solo com textura pesada (argilosa) e sob irrigação, os ciclos de umedecimento e secagem alternados, promovem rachaduras no solo, pode provocar a ruptura da rede de hifas. Nestas condições, os esporos constituem as estruturas propagativas mais importantes (Requena et al., 1996; Mcgee et al. 1997). No caso do solo passar por período de pousio, sem a presença de plantas vivas, a importância dos esporos quanto à infecção aumenta. Estes mesmos autores indicaram que a sobrevivência dos esporos não está relacionada com o tamanho, mas com a

maturidade do esporo. A capacidade dos esporos e hifas infectarem a planta hospedeira declina com o tempo (Wilson & Trinick, 1982; Mecgee et al. 1997).

8 - Multiplicação de FMA e Produção de Inoculantes

Os FMA são biotróficos obrigatórios e não podem ser multiplicados em meio de cultura na ausência de raízes de plantas hospedeiras, pois dependem de fotossintatos, necessários para sua sobrevivência (Gedermann, 1968). Essa característica constitui um dos maiores obstáculos aos estudos e à utilização dos FMA.

Apesar do potencial de utilização dos FMA e do grande volume de trabalhos de pesquisa, o seu uso, em larga escala, ainda é restringido pela baixa disponibilidade de inoculante, pela pouca praticidade de inoculação em campo, bem como pela pequena aceitação de inoculante comercial (Miranda & Miranda, 1997) e custo (Siqueira & Franco, 1988), condições de armazenamento e eficiência do inóculo.

Todas as estruturas infectivas dos FMA, como esporos, hifas, raízes colonizadas podem ser utilizadas como inoculantes. Sieverding (1991) propõe tecnologias de produção de inóculo em larga escala na propriedade agrícola, através da formação de canteiros de aproximadamente 25m², onde poderiam ser produzidos cerca de 5.000 litros de inoculante. Outra possibilidade consiste em aplicar no solo compostos aromáticos, como a formononetina, que são capazes de estimular a colonização radicular. Segundo Siqueira et al. (1994), o uso desse bioestimulante, em solos de Cerrado, favoreceu a produtividade de culturas como o milho e a soja, com

acréscimo de respectivamente US\$72,00 e US\$140,00/ha⁻¹. Contudo, o emprego dessa tecnologia depende da presença de espécies eficientes de FMA no solo e necessita de ampla experimentação para ter sua aplicabilidade assegurada.

Os FMA não foram, até o momento, multiplicados sob condições axênicas. O processo de produção de inóculo desses fungos passa por etapas que demandam longo tempo e que são de difícil controle, pois dependem da colonização preliminar da planta hospedeira. A produção desse inóculo em larga escala para utilização rotineira em sistemas de produção agrícola, é ainda, objetivo a ser alcançado a longo prazo, tanto no Brasil, como no mundo (Mendonça & Oliveira, 1996). A produção de inoculante de forma diversificada, o armazenamento e técnicas de aplicação, bem como a aceitação no mercado também são dificultadas. Além dessas dificuldades e das inerentes aos estudos sobre a simbiose micorrízica, fatores de natureza econômica, política, geográfica, têm dificultado maiores avanços na pesquisa no Brasil.

Por outro lado, alternativas de manejo dessas associações, em contraposição à inoculação têm sido pouco estudadas, embora amplamente comentadas (Mendonça & Oliveira, 1996). Esta estratégia, no uso de culturas agrícolas, com potencial no país, envolvem uma série de práticas que visam manter elevado potencial de inóculo no solo e nível de colonização das plantas. Dentre estas práticas, se incluem: o uso de hospedeiros multiplicadores de FMA como culturas precedentes (Souza, 1996; Espíndola et al., 1998), plantas como coberturas vivas de solo (Gravina et al., 1998), gramíneas e leguminosa com potencial para multiplicação de FMA (Santos et al., 1998), uso de fertilizantes e fungicidas de forma seletiva, redução dos períodos de

pousio, evitar a erosão e os aumentos de temperatura e umidade do solo (Miranda & Miranda, 1996).

O melhoramento de plantas para obtenção de espécies mais produtivas, dependentes da simbiose, pode também ser explorado. A implementação dessas práticas poderão viabilizar a exploração das simbioses como alternativa à inoculação.

Existem, entretanto, situações em que a inoculação deverá ser a estratégia preferencial em sistemas definidos como de alta resposta, envolvendo hospedeiros extremamente dependentes da simbiose (Mendonça & Oliveira, 1996).

Pelas razões expostas, o estudo das relações entre os simbiontes, os fatores que os afetam e sua ecologia tornam-se ainda mais importantes. O conhecimento do potencial de inóculo do solo e as alterações proporcionadas pelas diferentes espécies de plantas e suas formas de cultivo sobre a população dos FMA e sua biodiversidade permitirá a adoção de estratégias de manejo para melhor exploração dessa associação de forma que seus benefícios para o hospedeiro sejam otimizados.

9 - Eficiência dos FMA no Crescimento e Produtividade das Plantas

A introdução de FMA tem sido considerada, há três décadas, como alternativa para a redução do uso de insumos na agricultura devido aos seus efeitos benéficos no crescimento de plantas de interesse agrícola.

Os efeitos já tinham sido observados por Asai (1943) e Mosse (1953, 1957), mas foi somente após a década de 60 que grande número de trabalhos sobre os efeitos da MA foram desenvolvidos em todo o mundo. A inoculação de FMA exóticos em

solos de baixa fertilidade promoveu acréscimos significativos na produtividade do sorgo e ainda manteve esse efeito sobre a cultura da soja no ano seguinte (Miranda & Miranda, 1997).

A densidade de esporos no solo influencia a sua capacidade infectiva e eficiência no crescimento das plantas, em solos de cerrado (Paula & Siqueira, 1987). A variabilidade desses efeitos em relação à planta hospedeira foi observada em diferentes culturas, como soja, café, mamão, mandioca, associadas a diferentes espécies/isolados de FMA nativos e exóticos a esses solos.

10 - Eficiência na Absorção de Nutrientes

A eficiência da associação micorrízica no crescimento e na produtividade das culturas está vinculada à disponibilidade de nutrientes no solo e a sua absorção pelas plantas, que pode ser alterada através das múltiplas práticas agrícolas, efetuadas durante o seu cultivo.

Bolan (1991) atribuiu a resposta da planta hospedeira associada aos FMA, principalmente, à sua maior absorção de P. Algumas características são consideradas por Bolan (1991) e O'keef & Sylvia (1991), para explicar a melhor absorção de P e de outros nutrientes pouco móveis no solo, como cobre e zinco, por plantas colonizadas por FMA. Essas características incluem, entre outras, a maior área de absorção, a melhor distribuição da rede de absorção, a geometria mais favorável das hifas (raio menor) em relação às raízes, a diferença de cinética de absorção, a alteração química da rizosfera/hifosfera e a menor limitação de absorção de P da solução do solo (Siqueira & Moreira, 1996).

Além disso, esses efeitos podem variar, também, quanto à acidez e saturação de Al do solo. Silva et al. (1994) obtiveram aumento na produção de matéria seca e

teores de P nas plantas em duas cultivares de trigo, uma sensível e outra tolerante ao Al^{+++} , inoculadas com FMA nativos de solo, mais calagem.

A eficiência da simbiose entre planta e fungo pode ser visualizada, também, na maior absorção de outros nutrientes pela planta, como o K e o N. Dados de Miranda et al. (1994) mostram acréscimo no conteúdo de K no sorgo cultivado em solo de cerrado, bem como, aumento na quantidade de K absorvido por unidade de área de raiz, nos tratamentos inoculados.

O teor de N nas plantas pode ser afetado diretamente pelos FMA, 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 N atmosférico, principalmente com rizóbio (Barea, 1995; Allen, 1996; Linderman, 1992). Nos trópicos, onde os solos são deficientes em N e P, essa relação entre os FMA e o rizóbio é de grande importância, pois a fixação biológica do N, cuja deficiência depende de balanço nutricional adequado da planta hospedeira, especialmente do P, pode depender também do "status" micorrízico da planta (Diederisch, 1987). Alguns dados experimentais de Paula & Siqueira (1987) mostram que houve acréscimo no teor de N da soja inoculada com *Glomus macrocarpum*. Entretanto, no solo natural com FMA nativos, esse efeito não ocorreu, evidenciando as diferenças desses efeitos entre espécies. Miranda & Miranda (1996) também observaram, em latossolo vermelho escuro de cerrado, que, no solo adubado com N, a soja produziu maior quantidade de matéria seca do que a soja inoculada com *Bradyrhizobium japonicum* em ausência do FMA. A presença do FMA nativos eliminou a diferença e aumentou a produção de matéria seca e os teores de P e N das plantas.

Outros autores (Lopes et al., 1980; Mosse, 1981) mostraram que, em condições de extrema deficiência de P, algumas leguminosas como o siratro não nodulam, a menos que o solo seja adubado com elevadas doses de P. Portanto, as

plantas noduladas e colonizadas por FMA, tornam-se mais adaptadas às condições de deficiências nutricionais existentes nos solos de cerrado (Lopes & Siqueira, 1981).

11 - Efeito na Recuperação de Áreas Degradadas

A alteração e a degradação dos solos tropicais têm se intensificado nas últimas décadas, principalmente através da mineração, agricultura e pecuária intensiva. A recuperação dessas áreas torna-se necessária para a racionalização do uso da terra e melhoria da qualidade ambiental. Uma das formas de promover a recuperação de áreas degradadas, em parte, através das comunidade fúngica com os FMA que ocorrem naturalmente, uma vez que o processo de revegetação exige altos investimentos, muitas vezes às custas da transferência da camada fértil de outras áreas (Franco et al., 1992). Destaca-se o papel dos microrganismos neste processo, dentre estes os FMA e bactérias diazotróficas (Siqueira et al., 1994). Em Latossolo decaptado do município de Angra dos Reis, onde a população nativa era muito baixa, Silva et al. (1996) verificaram que, 44 meses após o transplântio de leguminosas arbóreas inoculadas com uma mistura de fungos *Glomus clarum* e *Gigaspora margarita*, a população de esporos nas parcelas com *Mimosa caesalpiniefolia* (sabiá) aumentou significativamente em termos quantitativos e qualitativos. Os mesmos autores, em Piraí (RJ), num Latossolo ácido decaptado (pH 4,6), observaram efeitos semelhantes com sabiá e *Acacia mangium*, inoculadas com FMA e estirpes selecionadas de rizóbio.

Em substrato estéril oriundo da exploração de bauxita, sem matéria orgânica, a população de FMA aumentou quantitativa e qualitativamente com a inoculação de *G. margarita* e fungos indígenas, favorecendo o reflorestamento da área com 16 espécies arbóreas (Franco et al., 1995). Verificou-se, neste trabalho, que as espécies fúngicas introduzidas apresentaram menor densidade do que as indígenas, o que pode estar indicando baixa capacidade de adaptação das espécies exóticas no novo ambiente.

Entretanto, o método utilizado para avaliar o estabelecimento dos FMA baseou-se na extração e identificação de esporos a partir de amostras de solo. Esta técnica não permite concluir sobre as espécies que estão efetivamente colonizando o sistema radicular da planta hospedeira no momento da amostragem (Abbott & Robson, 1981b).

Métodos mais sensíveis e precisos para a detecção de FMA, como o bioensaio do NMP baseado na identificação de espécies individuais destes fungos, constituem ferramentas indispensáveis neste tipo de estudo que envolve conhecimento sobre a ecologia destes simbioses.

12 - Efeito como Agente de Controle Biológico

Organismos fitopatogênicos, como fungos e nematóides, e benéficos ocorrem simultaneamente nas raízes e rizosfera das plantas. Os FMA podem atuar como agentes de biocontrole, amenizando os efeitos ou danos causados por fitopatógenos, provavelmente por meios indiretos, através da melhor nutrição das plantas, ou do aumento da resistência do sistema radicular (Linderman, 1988, 1992). A interação entre FMA, fungos patogênicos e pragas é ainda pouco estudada nos trópicos (Miranda & Miranda, 1997).

A interação entre FMA e outros microrganismos benéficos apresenta grande potencial para controlar os danos causados por organismos fitopatogênicos nas raízes de plantas (Bagyaraj, 1984; Sieverding, 1991; Linderman, 1992). Alguns dados de pesquisa indicam a tolerância de plantas colonizadas por FMA ao ataque de fungos patogênicos (Zambolim & Siqueira, 1985). Diedrichis (1987) demonstrou que a presença de várias espécies nativas de FMA promoveu redução nos efeitos patogênicos causados por *Meloidogyne javanica* nas raízes de grão de bico, proporcionando redução do número de ovos do nematóide no sistema radicular, promovendo maior crescimento e produção das plantas inoculadas.

Efeitos similares foram observados em pimenta do reino inoculada com FMA e *M. incognita* (Grassoni & Zambolim, 1989). Plantas inoculadas com *Glomus macrocarpum* tiveram maior produção de matéria seca e atraso no desenvolvimento da doença causada por *Fusarium solani* (Gonçalves et al., 1998).

O estabelecimento de uma agricultura sustentável na região dos trópicos inclui a redução do uso de defensivos agrícolas e o incremento do uso de agentes naturais, que permitam o controle de doenças e pragas sem causar danos ao ambiente.

13 - Manejo dos FMA através de Práticas Agronômicas

Como os FMA podem ser afetados pelo emprego de práticas agronômicas envolvidas no cultivo de plantas, é importante que elas sejam selecionadas adequadamente de modo que favoreçam a população de fungos no solo e simbiose micorrízica, especialmente em situações onde a população nativa é deficiente, quantitativa e qualitativamente. Portanto, para cada tipo de solo é necessário considerar as culturas e cultivares a serem plantadas, o sistema de rotação das culturas, os métodos de preparo do solo, as fontes e níveis de corretivos e fertilizantes aplicados, bem como o tipo, a dosagem e o modo de aplicação dos pesticidas (Abbott & Robson, 1977; Sieverding, 1991). A densidade de FMA no solo é determinada em parte pelas plantas cultivadas (Bethlenflvay, 1992).

Sano et al. (1991) observaram no campo, variabilidade no número de esporos e propágulos das espécies nativas de FMA, em função das plantas cultivadas, influenciando diretamente a produtividade das culturas seguintes. Portanto, a seleção de culturas ou cultivares é aspecto importante, pois estas podem diferir inter e intra-especificamente na sua suscetibilidade à micorrização e alterar quantitativa e qualitativamente a população dos fungos presentes no solo (Johnson & Pfeizer, 1992).

Miranda (1996) observou que forrageiras, gramíneas e leguminosas, foram mais eficientes em aumentar o número de esporos de FMA do que a soja, no período

de estabelecimento dessas culturas. Áreas em pousio e com culturas não dependentes da micorriza como o repolho, houve uma redução na população de FMA indígenas, afetando negativamente a produção da cultura subsequente (Bowen, 1987; Sano et al., 1991).

Sieverding (1991) demonstrou que, após um ano de cultivo da mandioca em solos tropicais, houve aumento da quantidade dos FMA indígenas não eficientes. Entretanto, a rotação da mandioca com outras culturas teria restabelecido o equilíbrio entre espécies de FMA eficientes e não eficientes no solo.

A utilização de FMA em campo, através de inoculações, poderia ser uma forma mais simplificada de incluir o uso da micorriza no cultivo das plantas. Entretanto, existem limitações relativas à produção de inoculantes e à própria inoculação em grandes áreas. Consequentemente, o manejo dos FMA indígenas, através de práticas agrícolas, pode ser o meio mais favorável para incorporar os efeitos benéficos dos FMA no aumento da produtividade agrícola, principalmente nas áreas tropicais.

14 - Quantificação de FMA em amostras de solo

Dentre as metodologias empregadas para a quantificação da ocorrência de FMA, as mais empregadas são: (a) extração e contagem de esporos (Gedermann & Nicolson, 1963); (b) avaliação da colonização radicular (Giovannetti & Mosse, 1980); (c) estimativa da densidade de propágulos infectivos (esporos, micélio extrarradicular e fragmentos de raízes colonizadas) presentes no solo, através da metodologia do NMP (NMP total, baseado na colonização radicular (Porter, 1979) ou NMP por espécie de FMA, baseado na identificação de esporos nas diluições, multiplicados no bioensaio (An et al., 1990).

O emprego da técnica do NMP parece adequada quando o objetivo do trabalho é evidenciar o efeito de práticas agrícolas sobre o Número de Propágulos Infectivos

(NPI) da população de FMA indígenas. Por utilizar uma planta isca, esta técnica, teoricamente, é capaz de quantificar propágulos infectivo na amostra em análise.

Harinikumar & Bagyaraj (1988) utilizaram a metodologia do NMP para avaliação de um sistema de rotação de culturas, ao longo de três estações do ano e evidenciaram o efeito benéfico da sucessão de plantas micotróficas no aumento do NPI e o efeito depressivo causado pelo pousio e pelo cultivo com uma planta não micotrófica (mostarda) sobre os FMA.

Vilariño & Arines (1991) utilizaram a técnica do NMP para avaliar o efeito das queimadas em áreas de florestas sobre a densidade populacional de FMA, obtendo resultados promissores na comparação entre áreas intactas e áreas queimadas, sendo o NMP sensível na detecção das reduções nas densidades de FMA nas áreas queimadas. Requena et al. (1996) utilizaram esta técnica para avaliar o potencial de micorrizas de ocorrência natural em ecossistemas semi-áridos, em diferentes estações do ano, estudando a ecologia dos FMA. Herrera et al. (1988) observaram que o teor de matéria orgânica estimulou o aumento no NPI de FMA no solo e Fischer et al. (1994), maior NPI em pastagens em relação às florestas secundárias. Resultados satisfatórios foram obtidos com a técnica do NMP para a estimativa do NPI dos FMA, em solo com pre-cultivo com adubos verdes diferentes cultivos (Espíndola et al., 1998). No entanto, estes autores avaliaram as estimativas do NPI dos FMA pelo método do NMP baseado na colonização radicular da planta teste nas diluições. Poucos trabalhos foram conduzidos para avaliar o NPI por espécie individual de FMA, conforme An et al. (1990), Hendrix et al. (1995) e Souza (1996).

15 - Método do Número Mais Provável (NMP)

A técnica do “Número Mais Provável” é bastante antiga. Foi idealizada em 1915 por McCrady, sendo depois adaptada por Halvorson & Ziegler (1933), citados por Cochran, (1950). Para estimar a densidade de organismos, quando a contagem destes não é possível, seja pela presença de contaminantes, seja pela indiferenciação de organismos vivos e não vivos, a técnica do NMP, também chamada de técnica de diluições sucessivas, tem sido extremamente utilizada em estudos de populações de microrganismos nas mais diversas áreas, tais como: sanitária, médica, de alimentos, de água, solos, etc. Esta técnica consta basicamente da inoculação de suspensões diluídas em meios de culturas específicos ou plantas-teste, avaliando-se a presença ou ausência de desenvolvimento dos microrganismos envolvidos (Hamakawa & Andrade, 1994). Halvorson & Ziegler (1933), citados por Cochran (1950), utilizaram este método de diluições para estimar a densidade de organismos (bactérias), sem a contagem direta, em meio líquido, água e leite.

Esta técnica foi adaptada por Porter (1979) para estimar o número total de propágulos infectivos de FMA em amostras de solo. O NMP vem sendo empregado em diversos trabalhos, pois favorece melhor estimativa do número de propágulos infectivos de FMA do solo, no campo, que os métodos convencionais. Entretanto, o uso desta técnica pode ser restrito a estudos especiais porque exige tempo necessário para a obtenção de resultados, com variabilidade aceitável (Porter, 1979; Colozzi-Filho & Balota, 1994), ser uma metodologia muito laboriosa (Harinikumar & Bagyaraj, 1988; Gange et al., 1993; Hendrix et al., 1995; Liu & Luo, 1994; Gravina et al., 1998) e não fornecer nenhum dado sobre a efetividade da população de fungos MA (Howeler & Sieverding, 1983; Franson & Bethlenfalvay, 1989; citados por Souza, 1996).

15.1 - Premissas do NMP

De acordo com Cochran (1950), a acurácia do método do NMP depende de três premissas principais: (a) que os propágulos infectivos tenham distribuição randômica completa (ocorram ao acaso) no solo teste. Isto significa que determinado organismo tem a mesma probabilidade de ser encontrado em qualquer parte do substrato e que não há tendência para a formação de colônias, grupos ou pares de organismos ou deles se repelirem uns dos outros e efeitos alelopáticos. O meio deve ser bem homogeneizado. (b) que todo propágulo infectivo do inóculo produza infecção típica de micorrizas arbusculares durante o período de teste. Neste caso, se o meio estiver limitado por algum fator, ou se ocorrerem fatores inibitórios ao estabelecimento da simbiose micorrízica, o NMP será subestimado. Na prática isto implica no uso de plantas hospedeiras altamente micotróficas crescendo em solo, sem limitações nutricionais. (c) não haja contaminação. Para o cumprimento dessa premissa, o solo utilizado como material diluente deve ser rigorosamente desinfestado e o ensaio deve ser planejado e conduzido cuidadosamente (Porter, 1979). Para o pesquisador, segundo o mesmo autor, o cumprimento destas premissas é mais importante do que se preocupar com a aplicação estatística do método. Cochran (1950) estudou os parâmetros estatísticos deste método, determinando os níveis, bases de diluição, e repetições por diluição possíveis de serem usados e tabelas de probabilidade de erros padrões para cada caso. Este autor propôs também fórmulas para comparações das densidades de propágulos infectivos de FMA (NMP), e também para resultados obtidos em experimentos com número de repetições diferentes.

No planejamento do bioensaio pelo método das diluições sucessivas, deve-se determinar qual a proporção entre solo teste e diluente (base de diluição), os níveis de diluição ou faixa coberta pela diluição (a mais baixa e a mais alta) (Cochran, 1950).

Este planejamento depende do conhecimento dos limites dentro dos quais a densidade verdadeira seja provável de ocorrer e sobre a precisão desejada na estimativa.

Trabalhos desenvolvidos na *Embrapa Agrobiologia*, utilizando o protocolo descrito por Sieverding (1991), o qual emprega o fator de diluição 4 e as diluições 4^0 até 4^{-8} , com 5 repetições por diluição tem proporcionado resultados satisfatórios para solos sob diferentes cultivos (Souza, 1996; Espíndola et al., 1998).

Na comparação de metodologias, segundo Porter (1979), pelo peneiramento úmido, foram observados 95 esporos por 50g de solo, enquanto que pelo método do número mais provável (NMP) foram detectados mais de 230 propágulos infectivos de FMA. Este mesmo autor concluiu que a técnica do NMP oferece uma estimativa mais real do número de propágulos destes simbiontes em solo no campo. O método do peneiramento úmido recupera somente esporos do solo, enquanto que o método do NMP considera, também, fragmentos de hifas e raízes colonizadas, tornando difícil a comparação dos dois métodos (Colozzi-Filho & Balota, 1994).

15.2 - Vantagens do NMP

A técnica do NMP apresenta vantagens sobre o método convencional de extração de esporo pelo peneiramento úmido: 1^a) alguns fungos MA produzem esporos muito pequenos para serem extraídos ou contados pela técnica do peneiramento úmido, por exemplo *Glomus tenuis* (Hall, 1977). Os esporos pequenos (<100µm), provavelmente do gênero *Glomus* podem não ser recuperados por esta técnica (Porter, 1979). 2^a) até os esporos que são bastante grandes podem não ser totalmente recuperados pelo peneiramento úmido (Clarke & Mosse, 1977). 3^a) alguns FMA raramente produzem esporos infectivos, e outros parecem perfeitamente capazes de completar seu ciclo de vida sem esporulação, embora propágulos estejam presentes (Baylis, 1969). 4^a) o bioensaio do NMP recupera somente propágulos viáveis do solo enquanto que os esporos extraídos pelo peneiramento úmido devem

ser submetidos ao teste da germinabilidade dos mesmos, para serem considerados somente os esporos viáveis. 5^a) esporos extraídos do campo freqüentemente são de identificação difícil. 6^a) A determinação do NMP de propágulos infectivos de FMA pode permitir a padronização de inoculantes, importante nos estudos de efetividade destes fungos. 7^a) O NMP determinado por espécie de FMA permite o cálculo de índices de diversidade específica de FMA, cujos índices serão mais aceitos porque o NMP por espécie é uma estimativa mais real da densidade de propágulos infectivos no solo do que quando avaliado somente o número de esporos. Por isso, permite estabelecer relações mais precisas acerca dos índices de diversidade e o equilíbrio e sustentabilidade dos ecossistemas.

15.3 - Desvantagens do NMP

Como principais desvantagens tem-se: 1^a) O bioensaio do NMP enumera todos os propágulos que tem capacidade para infectar a planta teste hospedeira, mas falha na detecção de esporos dormentes (Tommerup, 1983; Liu & Luo, 1994). 2^a) Existem problemas com o procedimento do NMP, tais como a preferência do fungo pelo hospedeiro (Adelman & Morton, 1986), efeitos de temperatura e duração do período de crescimento da planta hospedeira no bioensaio (Wilson & Trinick, 1982), além de variáveis edáficas associadas com o bioensaio (Adelman & Morton, 1985). 3^a) O NMP é intensamente laborioso (segundo os autores que utilizaram esta técnica).

A planta hospedeira deve ser micotrófica, não inibir FMA na formação de micorrizas (Mosse, 1973). O solo diluente usado deve ser similar ao solo teste e outras condições ambientais.

An et al. (1990) avaliaram a técnica do NMP e a do peneiramento úmido, a estimativa da densidade de propágulos infectivos foi feita por espécies de fungos MA do solo. Na comparação das metodologias, estes autores verificaram que o NMP

detectou 17 espécies, enquanto o peneiramento úmido detectou apenas 10 espécies de FMA, no mesmo ecossistema em estudo. O peneiramento úmido de esporos de solo de campo e o bioensaio NMP, ambos dão informações diferentes e úteis, e podem ser freqüentemente empregados.

Informações do bioensaio do NMP sobre a densidade populacional de espécies individuais são mais usuais que informações sobre densidade populacional do total de propágulos determinado somente pela análise da colonização de raízes, porque os efeitos da micorríza sobre as plantas provavelmente são devidos aos efeitos de espécies individuais (An et al., 1990).

Wilson & Trinick (1982), comparando os efeitos de temperatura e duração do bioensaio e outras variáveis sob a estimativa de propágulos de FMA encontram associação diretamente proporcional entre o log do NMP e a percentagem de comprimento de raízes colonizadas para os fungos em potes de cultura (*Glomus monosporum*, *G. fasciculatum* e *Gigaspora sp.*). Para *Glomus tenuis* não foi encontrada correlação.

O NMP fornece apenas estimativas do número de propágulos infectivos e os valores obtidos são dependentes das condições do experimento. A temperatura e duração do bioensaio afetam os resultados porque seus efeitos atuam sobre o crescimento das raízes e dos propágulos. Smith & Bowen (1979), usando um método modificado de diluição, mostraram que o número de pontos de infecção produzidos pelo inóculo de FMA aumentou com o tempo e a temperatura, mas uma parte desse efeito foi devido a formação de pontos de infecção secundária, ao invés do aumento de propágulos infectivos.

A densidade de raízes é importante fator na acurácia do NMP e é particularmente significativa quando o número de propágulos é pequeno ou quando as raízes crescem a uma curta distância. *Glomus tenuis* possui propágulos < 100 µm e

são muito infectivos, mas, aparentemente, os valores estimados pelo NMP são dependentes do crescimento das raízes.

De acordo com Wilson & Trinick (1982), estimativas do NMP derivadas de plantas teste raramente detectam todos os propágulos presentes e é muito variável quando comparado com outros organismos como rizóbios em sistema agar. Assim, torna-se importante otimizar a estimativa do NMP: a planta teste deve ter rápido crescimento e produzir alta densidade de raízes; as condições ambientais como temperatura devem ser ótimas para permitir o crescimento de ambos, a planta e o fungo, e essas condições variam para as diferentes plantas e fungos. Para lento crescimento dos propágulos, longo período de tempo pode ser necessário. O tempo pode ser encurtado pela incubação do inóculo antes do plantio, o que pode aumentar a rapidez de infecção de alguns fungos; o “status” de nutrientes do solo, particularmente o nível de P, deve ser apropriado, pois tais variáveis afetam o número de pontos de infecção formado (Jasper et al., 1989).

Quando se trabalha na determinação do NMP em solo nativo, todavia, há maior dificuldade em ajustar as condições ambientais, principalmente quando a diversidade de espécies neste solo é grande, pois as diferentes espécies de FMA têm preferência por condições ambientais diferenciadas. Assim sendo, podem-se tomar medidas para baixar os erros desta técnica, escolhendo-se uma planta hospedeira que satisfaça as características supra citadas, usando-se um baixo fator de diluição e grande número de repetições para minimizar os erros experimentais (Cochran, 1950) e considerando-se rigorosamente as premissas do método NMP.

O efeito das queimadas em áreas de florestas sobre a densidade populacional de FMA foi avaliado pela técnica do NMP, comparando matas intactas (sem queimada) com áreas queimadas após um ano com vegetação de arbustos. A degradação do ecossistema causou mudanças na população de FMA, refletindo decréscimo no número de seus propágulos infectivos (Vilariño & Arines, 1991).

Estudando a ecologia dos FMA, Requena et al. (1996) avaliaram o potencial de micorrizas de ocorrência natural em ecossistemas semi-áridos, em diferentes estações do ano. Para as comparações utilizaram a técnica do NMP afim de medir as variações na densidade populacional dos FMA e encontraram variações na infectividade, que foi mais alta no verão do que no inverno.

Herrera et al. (1988), avaliando o NMP de propágulos de FMA em sete sítios florestais, verificaram aumento de 6 a 16 vezes no NMP de propágulos em sítios em estádios iniciais de sucessão, dominados por vegetação heliófila, quando comparados com sítios com florestas em estádios sucessionais mais adiantados. Fischer et al. (1994) também observaram, em região tropical, maior NMP de propágulos de FMA em pastagens em relação às florestas secundárias. O aumento do NMP de FMA pela vegetação pioneira é atribuído, por Herrera et al.(1988), ao fato de as espécies heliófilas apresentarem altas taxas fotossintéticas, o que garante as necessidades dos FMA, de modo que os fungos possam apresentar maior crescimento vegetativo, aumentando a produção de micélio extramático e de esporos. Estes autores também atribuíram a característica propagativa da simbiose, em sítios com vegetação pioneira, ao fato desta vegetação apresentar rápida decomposição de seus resíduos vegetais e ciclagem de nutrientes, determinando maior atividade da flora microbiana do solo. Estes fatores estimulam a atividade do micélio extrarradical dos FMA, levando a maior crescimento vegetativo e à esporulação do fungo. Os autores sugerem ainda que os FMA possuem capacidade saprofítica facultativa, o que permitiria apresentar grande produção de micélio extrarradical na presença de altos teores de matéria orgânica em decomposição ou em processo ativo de humificação. Eles verificaram que tanto a produção de micélio como a relação micélio: radicelas são aumentadas nos sítios onde ocorrem altas taxas de renovação ou decomposição, onde condições de temperatura e umidade são favoráveis à decomposição e presença de grande população de microrganismos decompositores.

Estudando a associação do método do NMP com a percentagem de colonização micorrízica, Adelman & Morton (1986) obtiveram correlação entre os mesmos, sendo a colonização micorrízica diretamente proporcional ao método do NMP somente para valores percentuais de infecção micorrízica menores que 40%. De modo geral, o melhor ajuste foi a partir de relação quadrática. Por outro lado, outros autores não obtiveram correlações entre estes dois parâmetros. Esses autores estudaram o efeito das características do solo (principalmente pH, P e Al) diluente sobre a estimativa do NMP e colonização micorrízica de FMA nativos de 4 habitats diferentes (*Zea mays* L., *Festuca arundinacea* Schreb, *Robinia pseudoacacia* Michx e *Prunus malus* L.) e encontraram resultados contraditórios ao de Porter (1979), a contagem direta de esporos excedeu a estimativa do número de propágulos pelo NMP com os 4 inóculos, quando o inóculo foi diluído com areia lavada. Esta disparidade foi maior quando o inóculo usado continha *Glomus ocultum* (82% da população), isto foi atribuído devido ao fato dessa espécie não se corar com o processo de coloração de raiz. Os resultados desse estudo mostraram que a máxima expressão do NMP ocorreu quando o inóculo, o solo diluente e a planta hospedeira tiveram a mesma origem (Adelman & Morton, 1986).

Liu & Luo (1994) propuseram um novo método para calcular o potencial de inóculo (PI) de fungos MA do solo. A nova definição de PI é descrita como sendo o número de propágulos viáveis de fungos e estruturas ligadas com sua infectividade inicial (número de vesículas nas raízes e pontos da hifa conectados com as raízes por unidade de comprimento de raiz X peso das raízes X comprimento de raízes por unidade de peso de raiz) + número de esporos viáveis no inóculo. Esses autores obtiveram alto coeficiente de correlação entre PI e a percentagem de comprimentos de raízes colonizadas, estudando 3 espécies de fungos e 3 plantas. O método de potencial de inóculo (PI) não enumera os fragmentos de hifas presentes no inóculo e o NPM recupera-os.

16 - Capacidade Infectiva de FMA

Espécies e isolados de fungos que formam MA podem diferir na sua efetividade em aumentar a absorção de nutrientes e o crescimento da planta hospedeira. As razões nas diferenças da efetividade desses fungos até o momento parecem estar relacionadas com a taxa e o tempo de formação de micorrizas, bem como a quantidade de infecção desenvolvida por cada fungo (Abbott & Robson, 1981b). Além dos fatores ligados ao P e ao pH do solo, a efetividade dos FMA está também ligada a sua capacidade infectiva (Abbott & Robson, 1977). A capacidade infectiva, por sua vez, está associada com o potencial de inóculo na superfície da raiz, bem como a habilidade do fungo para esporular dentro da raiz. Diferenças na efetividade de *Glomus fasciculatum*, *G. monosporum* e *Acaulospora laevis* podem ser devido às diferenças na capacidade infectiva (Abbott & Robson, 1981a).

Os mesmos autores afirmam que diferenças relativas à efetividade estão relacionadas com o potencial de inóculo do solo, sua habilidade para infectar, o tempo de formação da infecção devem ser considerados num programa de inoculação. Para a introdução de espécies efetivas de FMA em solo com alto potencial dos FMA indígenas ocorrerá competição por sítios de infecção, causando declínio dos fungos inoculados. Abbott & Robson, (1981b) estudando a efetividade do inóculo de 4 espécies de FMA (*Glomus monosporum*, *G. fasciculatum* e 2 isolados de *Acaulospora laevis*) em promover o crescimento de trevo, verificaram que a efetividade destes endófitos foi diretamente relacionada com a capacidade infectiva do inóculo, sendo *G. fasciculatum* mais efetivo do que as outras 3 espécies e *G. monosporum* mais efetivo que as *Acaulosporas*.

O tempo requerido para cada espécie infectar o sistema radicular das plantas e seus efeitos sobre o crescimento das mesmas ainda não é bem conhecido. Algumas plantas são mais rapidamente infectadas que outras. Os fungos propagam-se mais

rapidamente em algumas espécies que em outras e seu nível de infecção final varia consideravelmente (Hayman, 1983). Em trabalho publicado por Thomson et al. (1994), diferentes espécies infectaram raízes de tomate e produziram esporos na rizosfera. Este número variou com o tempo de exposição das plantas no solo inóculo, sendo que o número de espécies aumentou até o vigésimo dia de exposição e a partir daí, permaneceu constante.

Em pastagens perenes, diferenças na efetividade do inóculo de FMA podem estar relacionadas com diferenças na quantidade de hifas distribuídas ou na habilidade de hifas de diferentes espécies de fungos em absorverem e ou transportarem o P. Em situações de campo, diferenças na habilidade do fungo em persistir no solo, em nível de suficiência que acarrete diferenças na efetividade dos fungos nativos está diretamente relacionado com o seu potencial de inóculo (Abbott & Robson, 1981a). A taxa de formação de micorrizas é particularmente importante quando plantas anuais crescem em curtas estações de tempo, são dependentes da associação com as micorrizas e beneficiadas por espécies selecionadas de FMA.

Entretanto, para que a utilização das espécies nativas ou a inoculação artificial sejam bem sucedidas, são necessários estudos mais aprofundados quanto à caracterização individual e a dinâmica das diferentes espécies de FMA nativos ou exóticos em diferentes agrossistemas. É indispensável também, obter informações quanto às condições adequadas de preparo do solo e utilização de fertilizantes e corretivos, a capacidade de multiplicação de propágulos, preferências entre espécies de FMA e planta hospedeira, bem como o seu manejo. O conhecimento dessas interações permitirá a utilização de espécies de FMA mais eficientes para cada situação particular, nos diversos sistemas de produção agrícola.

A demanda por fertilizantes na agricultura brasileira, para culturas de interesse econômico, é elevada, e como a maioria dos nossos solos são deficientes em nutrientes, a micorriza pode atuar na maximização da produção agrícola. O uso de práticas agrícolas como: calagem e adubação adequadas, utilização dos adubos verdes

e rotação de culturas no sistema de produção podem favorecer a propagação dos FMA no solo e estimular seus efeitos, que vão refletir diretamente na maior eficiência do processo de produção agrícola (Miranda & Miranda, 1996).

17 - Diversidade de Espécie de FMA

O conceito de diversidade de espécies sugerido por Odum (1988) possui dois componentes principais: a riqueza, também chamada de densidade de espécie ou variedade de espécies e é baseada no número total de espécies presentes e uniformidade, baseada na abundância relativa de espécies ou equitabilidade que é a distribuição dos indivíduos pelas espécies, numa comunidade. Washington (1984) (citado por Rosso,1996), também sugere a definição de diversidade como sendo uma função do número de espécies e da equitabilidade dos efetivos relativos das mesmas. O mesmo autor considera também definições decorrentes desta, como a de Pielou (1966): diversidade é a probabilidade de um indivíduo pego ao acaso ser de uma determinada espécie; a conceituação de Simpson (1949): diversidade é a probabilidade de dois indivíduos tomados ao acaso pertencerem a espécies distintas. Silvia (1979) definiu: índices de diversidade medem o número de soluções diferentes para o problema da ocupação do ecossistema por diversas espécies e, por outro lado, a importância relativa dessas soluções.

A diversidade de espécies tende a aumentar em áreas com menores latitudes (Odum, 1988). A diversidade tende a ser reduzida em comunidades bióticas que sofrem estresse, ou seja, que são perturbadas (Odum, 1988; Rosso,1996; Washington, 1984). Porém, também pode ser reduzida pela competição em comunidades antigas e ambientes físicos estáveis (Odum, 1988).

Nos estudos de diversidade, trabalha-se em geral com partes da comunidade, geralmente com um segmento taxonômico. Para se estimar a diversidade de comunidades inteiras é necessário que a todos os diversos tamanhos e funções dos

organismos constituintes seja dado um peso, usando um denominador comum, como por exemplo, a energia. Provavelmente, a estabilidade relaciona-se mais intimamente com a diversidade funcional do que a estrutural (biomassa existente) (Odum, 1988).

17.1 - Medidas de determinação da diversidade

São utilizadas duas amplas abordagens para analisar a diversidade de espécies em situações diferentes: (1) curva de abundância relativa do componente dominância da diversidade e (2) índices de diversidade, os quais são proporções ou outras expressões matemáticas das relações de importância das espécies. Este componente pode por si só ser indicativo da dominância numérica relativa (Odum, 1988; Wiley, 1993).

Nas curvas de abundância relativa ou curvas de importância das espécies, são plotados em escala logarítmica os indivíduos e, na ordenada, as espécies em sequência desde a mais abundante até a menos abundante. Uma linha de tendência une os pontos dando origem a tais curvas. Estas curvas são representadas por quatro modelos básicos (A, B, C e D).

A curva “A” (série geométrica) uma reta, e curva “B” (modelo “vara quebrada”) representam os extremos, a maioria das distribuições naturais aparecem como algum tipo de curva sigmoidal intermediária (D) e log série (C) indicando um padrão mais complexo de diferenciação e superposição de nichos. Este padrão tem uma distribuição lognormal sugerida. Este modelo (curva “B”) é o esperado em regiões não perturbadas (Magurran, 1988).

Quanto mais inclinada a curva, menor a diversidade em termos gerais e maior a dominância por parte de uma ou poucas espécies. O estresse tende a tornar mais inclinada as curvas de modo que a curva do componente dominância da diversidade pode ser usada para avaliar o efeito das perturbações sobre a estrutura de espécies.

Outra forma de se avaliar a diversidade de espécies de um ecossistema é através do cálculo de índices. A aparente alteração da diversidade em consequência da poluição ou estresse conduziu ao dispêndio de grandes esforços para quantificá-la, daí a variedade de índices propostos para a distinção de casos, alguns deles inclusive provendo meios matemáticos para comparar comunidades no espaço e no tempo em termos estatísticos (Washington, 1984).

Os índices são classificados em diversidade específica (fundamentada no número de espécies (S) e no número de indivíduos total na amostra (N), e da diversidade de dominância (na composição percentual ou quantidade relativa das espécies). Por exemplo, índice de Gleason (1922): $S/\log(N)$; Margalef (1951): $(S-1)/\log(N)$ e Menhinick (1964): $S/N^{0,5}$ (Citados por Rosso, 1996), onde, nos três casos é suposta uma relação linear entre riqueza (S) e o número de indivíduos (N), transformados de alguma maneira. Estes índices não são aceitáveis de modo generalizado, pois cada comunidade tem sua característica própria (Rosso, 1996).

Os índices de diversidade de dominância e riqueza aparente são os mais importantes, os melhores conhecidos, e os mais usados (Washington, 1984). O mais consagrado índice de diversidade é o de Shannon-Wiener já tradicionalmente designado como Índice de Shannon (Rosso, 1996). Os índices de dominância de

Simpson e de equitabilidade de Pielou também estão entre os mais usados (Rosso, 1996).

Para Whittin (1972) citado por Rosso (1996), a fórmula de Shannon é a mais satisfatória entre as de diversidade específica e de dominância, já que expressa a importância relativa de cada espécie e não apenas a proporção entre espécies e indivíduos. Ele é um dos melhores para ser usado em comparações caso não haja interesse em separar os dois componentes da diversidade (Odum, 1988). A diversidade H' é adimensional e por isso, o número de indivíduos, a biomassa e frequências ou quaisquer outras medidas podem ser aplicadas como dados básicos na equação (Wilson 1968, 1972).

O índice de Shannon ($H' = -\sum p_i \cdot \log p_i$) é considerado como ideal quando se deseja estudar em especial os efeitos das perturbações sofridas pelos ecossistemas, pois é um índice que atribui maior peso às espécies não dominantes, consideradas como espécies raras (Odum, 1988), que são as primeiras a sofrerem os efeitos de impactos (Odum, 1988). No entanto, Wihlm (1972); Frontier (1983c) e Washington (1984) (citados por Rosso, 1996) apresentaram a curva da função $y = -x \cdot \log(x)$, mostrando que o máximo de y se verifica quando $x = 0,368$. Assim, a maior contribuição para o índice de Shannon vem das espécies com efetivo relativo em torno de 37%. Aquelas realmente raras, com efetivos abaixo de 1 ou 2% do total, pouco contribuem. Vê-se então como é importante definir bem o que exatamente se considera como espécie rara.

O índice de Shannon é relativamente independente do tamanho da amostra (Odum, 1988; Rosso, 1996) e apresenta uma distribuição normal (contanto que N seja

um número inteiro), de modo que métodos estatísticos de rotina possam ser usados para se testar a significância de diferenças entre médias (Odum, 1988).

17.2 - Relações entre Diversidade e sustentabilidade dos ecossistemas

Já que ecossistemas estáveis como florestas pluviais e recifes de corais apresentam alta diversidade de espécies foi, tentador concluir que a diversidade aumenta a estabilidade (Odum, 1988). Porém, de acordo com Margalef (1968) (citado por Rosso, 1996), o ecologista vê em toda medida de diversidade uma expressão das possibilidades de se construírem sistemas de retroalimentação. Contudo, a relação entre a diversidade de espécies e estabilidade do ecossistema é complexa, uma relação positiva podendo, às vezes, ser secundária e não casual, uma vez que ecossistemas estáveis promovem alta diversidade, mas o contrário não é necessariamente verdadeiro. Hutson (1979) sugere que sistemas que são perturbados periodicamente, tendem a apresentar diversidade mais alta do que ecossistemas em equilíbrio, onde a dominância e a exclusão competitiva são mais intensas. Por outro lado, Mc Naughton (1978) concluiu de seus estudos em campos abandonados e campos naturais da África Oriental, que a diversidade de espécies realmente influencia a estabilidade funcional na comunidade.

Para FMA, Hendrix et al. (1995) observaram que vários índices de diversidade (Shannon, Simpson e Pielou) sofrem alterações quando avaliados em diferentes estações do ano ou plantas hospedeiras. Os autores concluíram que a riqueza e a diversidade, em parcelas sob rotação de culturas foi mais alta quando comparada com

o cultivo contínuo de soja. Em solo sob cultivo, a diversidade de FMA é, em parte, dependente das práticas agrícolas (Bethlenfalvay, 1992), muitas delas trazem impacto sobre o ecossistema e a degradação da qualidade ambiental, tais como a mecanização excessiva e a retirada da cobertura vegetal (Alvarenga et al., 1995).

A utilização de práticas agrícolas como cultivo de plantas para cobertura de solos, bem como o seu manejo, pode alterar a ocorrência e a diversidade dos FMA no solo. O manejo destes fungos requer informações sobre as suas populações e variáveis que os afetam qualitativa e quantitativamente, como também, os componentes da sua diversidade da riqueza (n° de espécies) e da uniformidade ou equitabilidade (frequência das espécies) e por sua vez, podem estar relacionados com a estabilidade dos ecossistemas. No entanto, não se encontra em lugar algum na natureza a diversidade máxima teórica: muitas espécies sendo todas igualmente importantes, algumas espécies sempre são mais raras que outras (Odum, 1988).

IV - MATERIAL E MÉTODOS

1. Experimento de Campo: “Avaliação de Leguminosas para Cobertura de Solo”

Em um experimento de campo de longa duração, instalado em 03/95, em um Podzólico Vermelho distrófico (PVd) série Itaguaí/RJ, do Campo Experimental da *Embrapa Agrobiologia* – Seropédica/RJ, localizado a 22° 46′ de latitude Sul e 43° 41′ de longitude Oeste, com altitude de 33m e clima AW, de acordo com a classificação de Köppen, foram coletadas amostras de solo, aproximadamente aos 22 meses (entre o 4º e 5º corte das plantas) após a implantação do experimento de campo, para a instalação de dois experimentos em casa-de-vegetação: um para a quantificação da densidade de propágulos infectivos pelo bioensaio do Número Mais Provável (NMP), e o segundo experimento para avaliar a capacidade infectiva (CI) dos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) indígenas presentes no solo da área experimental.

No experimento de campo adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, em fatorial com parcelas subdivididas, com o fator espécies de leguminosas (*Arachis pintoi* – amendoim forrageiro; *Macroptilium atropurpureum* - siratro e *Pueraria phazeoloides* – cudzu tropical) nas parcelas e o fator manejo do material vegetal (remoção e manutenção da parte aérea, após cada corte, em cobertura sobre as parcelas experimentais) nas subparcelas, e um tratamento controle (vegetação espontânea mantida capinada, com predomínio de *Panicum maximum* – colonião), sendo a parte aérea removida após a parcela capinada. Utilizaram-se três repetições. O primeiro corte do material de parte aérea foi feito após o estabelecimento das plantas (julho de 1995), 4 meses após o plantio, sendo que, os demais cortes ocorreram nos meses de dezembro e março. As parcelas receberam, previamente à instalação do experimento, adubação com rocha fosfática de Araxá, na dosagem equivalente a 88Kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$.

1.1 Coleta e preparo do solo (inóculo) teste para instalação dos bioensaios e identificação das espécies indígenas de FMA

Em janeiro de 1997, após o 4º corte, as amostras de solo foram coletadas nas subparcelas, da faixa entre 0 a 0,2 m de profundidade, com auxílio de trado holandês em 10 pontos distribuídos ao redor de um quadro de ferro de 1m² de área, colocado no centro da subparcela para facilitar a distribuição dos pontos de amostragem. Em seguida, o material foi destorroado e homogeneizado em baldes plásticos, eliminando-se as partículas grosseiras através da passagem em peneira com abertura de 4 mm, acondicionando-se em sacos plásticos e armazenados em câmara fria (6 °C), onde permaneceram por uma semana, até o momento da instalação do experimentos em casa-de-vegetação (NMP e CI).

Foram retiradas sub-amostras de 50g do material coletado em cada unidade experimental para determinação da umidade e para extração dos esporos segundo o

método do peneiramento úmido descrito por Gedermann & Nicolson (1963), seguido de centrifugação em solução de sacarose (Daniels & Skipper, 1982), contagem e identificação de esporos de FMA com o auxílio do manual de Shenck & Perez (1988).

1.2 Coleta e preparo do solo livre de FMA

O material de solo (diluyente) utilizado no experimento do NMP e CI foi coletado na mesma área do experimento de campo, nas ruas entre os blocos, por apresentar aproximadamente as mesmas características físicas e químicas do solo teste. Foi também destorroado, homogeneizado e passado em peneira com abertura de 4mm, sendo retirado os fragmentos orgânicos (raízes grandes). Este material foi adubado com fosfato de rocha Araxá (26% de P_2O_5 total) na dosagem de 5,5g de fosfato por Kg de substrato. Retirou-se uma amostra representativa para análises química e física pelo método preconizado pela EMBRAPA (1979), as quais revelaram as seguintes características: pH(em água) : 4,8; Al^{+++} ; ($Ca^{++} + Mg^{++}$); Ca^{++} ; Mg^{++} , respectivamente, 0,3; 4,3; 2,8; 1,5 mmolc.dm⁻³. P e K, respectivamente, 2 e 88 mg.dm⁻³; C, M. O., N, respectivamente, 8,7, 15, 1,19g/Kg e Areia, Silte, Argila, respectivamente, 605, 129 e 266 g/Kg de solo.

O material foi esterilizado em autoclave à 121°C em dois períodos de uma hora cada e em dias alternados, constituindo assim o “material livre de fungos micorrízicos”. Após a autoclavagem, para montagem do bioensaio do NMP, foram separados 750g de solo em sacos plásticos, para proceder às diluições com o solo teste. Para o experimento da CI, o material de solo foi colocado em vasos plásticos com capacidade para 900 cm³.

2. Experimento do Número Mais Provável (NMP)

Procedeu-se a implantação do experimento do NMP (bioensaios) conforme metodologia sugerida por Porter (1979) e sendo utilizado o protocolo descrito Sieverding (1991), com algumas alterações.

2.1 Preparo das Diluições

As diluições foram feitas na base 4, da seguinte forma: juntou-se em sacos plásticos de 3Kg de capacidade, 750g do material de solo autoclavado (livre de FMA) mais 250g do material do solo teste para constituir a diluição 4^{-1} , homogeneizando-se vigorosamente, dando aproximadamente 100 movimentos. 250g da diluição 4^{-1} mais 750g de material de solo autoclavado formaram a diluição 4^{-2} . O processo foi repetido sucessivamente até a diluição 4^{-8} . Utilizou-se também um tratamento sem diluição (4^0), gerando-se 9 níveis de diluição, com 5 repetições por diluição. As operações foram realizadas cuidadosamente, em locais fechados, evitando-se qualquer tipo de contaminação. O material diluído (150g) foi acondicionado na metade inferior dos “tubetes” de plástico com capacidade para 280 cm³ e sua metade superior foi completada com material de solo esterilizado, a fim de evitar contaminação pela deriva das gotículas de água de irrigação ou outros agentes. Os tubetes foram colocados em suportes plásticos e estes em mesas próprias, em casa de vegetação apropriada para este tipo de experimento. Foram 45 tubetes por suporte (9 diluições x 5 repetições) para cada um dos 21 bioensaios, o que gerou 945 unidades de observação. O delineamento experimental foi o mesmo do trabalho de campo, ou seja, 9 diluições x 5 repetições por diluição x 7 tratamentos (3 leguminosas x 2 manejos + 1 testemunha) x 3 repetições de campo. O esquema demonstrativo das diluições encontra-se na figura 3, em anexo 2.

Como planta indicadora foi utilizado o sorgo (*Sorghum bicolor* var. BR 005R), sendo cultivado por um período de 6 meses (até a senescência), ocasião da coleta.

2.2 Condução do Experimento do NMP

O experimento foi conduzido de fevereiro a agosto de 1997, em casa-de-vegetação na *Embrapa Agrobiologia*. Na semeadura do sorgo utilizou-se 5 sementes por tubete. Trinta dias após a emergência das plântulas, fez-se o desbaste, cortando-se as plantas rente à superfície do material de solo dos tubetes, deixando-se uma planta por tubete. A cada 30 dias foi feita uma casualização das bandejas para evitar o efeito de posição (local, luz e temperatura). Foi aplicada uma solução nutritiva (Hoagland & Arnold) à medida que as plantas apresentavam leves sintomas de deficiências nutricionais, parcelado em 3 vezes, usando-se 1/10 da força iônica por aplicação. As concentrações de N e P foram reduzidas à metade do preconizado.

A irrigação foi feita regularmente com água destilada, aproximadamente 3 vezes ao dia, de modo a evitar o excesso de água e/ou ressecamento do solo dos tubetes. Na coleta do experimento suspendeu-se a irrigação até o secamento das plantas. A parte aérea foi retirada e o substrato (solo e raízes) utilizado para avaliações.

2.3 Parâmetros Avaliados

2.3.1 NMP baseado na Colonização Radicular

As raízes contidas na metade inferior do substrato dos tubetes (região da diluição) foram separadas, lavadas e conservadas em etanol 50%. Para melhor visualização das estruturas fúngicas, foram realizados previamente testes envolvendo tempo de contato e concentrações ideais para o clareamento e coloração das raízes de

sorgo. A clarificação das raízes foi feita em vidros com capacidade para 300cm³, com solução de KOH 7,5% em autoclave a 121°C, por 20 minutos. Em seguida lavou-se as raízes com água e a acidificação foi feita com HCl 1% por uma noite (Kormanik et. al., 1980, com modificações). A coloração radicular foi feita com solução de Azul de Metila 0,05% (Koske e Gema, 1989) (500 ml de glicerina + 50 ml de HCl 1% + 450 ml de água destilada e 25 ml de Azul de Metila a 2%) em banho maria a 60°C por 1 hora, e a conservação das mesmas, em solução de glicerol claro (500 ml de glicerina + 50 ml de HCl 1% + 450 ml de água destilada).

A avaliação da colonização micorrízica baseou-se na presença ou ausência de estruturas fúngicas dentro das raízes. As raízes foram colocadas em placas de Petri e observadas com auxílio de lupa, quando necessário foram preparadas lâminas com Polivinil Lactoglicerol (PVLG) levadas ao microscópio estereoscópio. A presença ou ausência de colonização foi assinalada com respectivamente o sinal + ou – para cada bioensaio em cada nível de diluição e repetição. O número de unidades infectadas (+) foi computado pela fórmula de Sieverding (1991) para o cálculo da estimativa da densidade populacional dos FMA.

2.3.2 Extração e Identificação dos Esporos do Solo

Do substrato de cada tubete foram isolados esporos de FMA através do método de decantação e peneiramento por via úmida (Gedermann & Nicolson, 1963) seguido de centrifugação em solução de sacarose (Daniels & Skipper, 1982).

Para identificação dos esporos foram usados lupas e microscópios estereoscópios e o auxílio de chaves para identificação (Shenk & Perez, 1988 e 1989; Morton et al., 1996) e outras referências pertinentes. Para esta finalidade, foram preparadas lâminas com PVLG e com solução de Melzer + PVLG 1:1, contendo esporos intactos e quebrados.

2.3.3 Avaliação dos Resultados (obtenção das densidades)

O número de propágulos infectivos de FMA foi estimado pela fórmula proposta por Sieverding (1991):

$$\text{Log } \lambda = x \cdot \log a - k$$

onde: λ = número de organismos infectivos

x = média de tubetes com raízes infectadas (nº total de infectadas/nº de repetições por diluição).

a = fator de diluição

k = constante obtida na tabela de Fisher & Yates (1970)

Cálculo do limite de confiança para número de propágulos infectivos:

$$\text{Log } \lambda_{s, i} = \log \lambda \pm (s\lambda/n^{0,5}).z$$

Onde: $s\lambda = 0,20105$ para diluição na base 4

n = número de repetições por diluição

$z = 1,645$ para uma probabilidade de 95%

O número de propágulos infectivos total de FMA foi calculado pela fórmula acima, utilizando-se os dados de colonização micorrízica radicular (número de tubos infectados).

Foi também avaliado o número de propágulos infectivos por espécie de FMA baseados na presença ou ausência (+ ou -) de esporos, no substrato, de cada espécie de FMA de cada bioensaio e cada nível de diluição e repetição. A densidade total de propágulos e a densidade de cada espécie individual foi obtida através da extração, isolamento e identificação dos esporos pelos métodos e fórmulas citados anteriormente.

2.3.4 Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos (para todos os parâmetros avaliados) foram submetidos à testes para verificação da normalidade dos dados (Teste de Lilliefors), para verificar a homogeneidade de variância dos erros (Teste de Cochran & Bartlett) e, para atender estas suposições do modelo. As transformações, quando necessárias, foram: $\log(x + 1)$ para dados de densidade de propágulos infectivos e $\log(x)$ para os de contagem direta de esporos nas amostras de solo do campo. Atendendo as suposições, os dados foram submetidos à Análise de Variância (Teste “F” de Snedcor) e, posteriormente, aos testes de média. Na análise de variância, as interações significativas foram estudadas, decompondo-se os graus de liberdade dos tratamentos fatoriais até que se esgotasse as possibilidades de se obter conclusões pelo Teste F, quando então, utilizou-se o Teste de Tukey para comparação de médias.

Para os parâmetros de densidade de propágulos infectivos obtidos pelo NMP por espécie de FMA ou NMP baseado na colonização radicular; contagem direta dos esporos; teores totais e acumulados (em kg/ha) de N, P e K nos tecidos vegetais de parte aérea; produção de matéria seca e os índices de diversidade. Foram estudadas as relações existentes entre estas variáveis através da correlação linear e testando-se a significância do coeficiente de correlação pelo teste “t”.

3. Experimento da Capacidade Infectiva (CI)

Foi instalado em casa-de-vegetação, paralelamente ao experimento anterior, outro bioensaio com as mesmas amostras de solo coletadas sob as coberturas vegetais e manejos, usadas no experimento do NMP. A metodologia utilizada para avaliação da CI foi como descrito por Thonson et al. (1994), com algumas adaptações.

3.1 Instalação e Condução do Experimento

Para determinar a CI, empregou-se a metodologia da planta isca utilizando-se *Sorghum bicolor*, variedade BR005R, como planta hospedeira, semeando 5 sementes em copos de plástico com capacidade para 300 cm³, contendo 300g de material de solo inóculo (nativo do campo), de cada tratamento. As plantas de sorgo foram transplantadas aos 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias após a emergência, para vasos contendo 1000g de material de solo autoclavado. Em cada época as plantas foram individualizadas e o sistema radicular foi cuidadosamente lavado previamente ao transplântio para o solo autoclavado. No transplântio, utilizou-se duas plantas por vaso, sendo que, após o pegamento foi mantida uma planta por vaso. Este experimento foi constituído de 7 tratamentos (3 leguminosas x 2 manejos + 1 controle) x 6 épocas de exposição das plantas no inóculo x 4 repetições de casa-de-vegetação x 3 repetições de campo, gerando-se 504 unidades de observação.

Após o transplântio, o experimento foi conduzido até a senescência. No momento da colheita, foi retirada a parte aérea e o material de solo dos potes foi destorroado e homogeneizado, retirando-se uma amostra de cada pote para extração e identificação dos esporos. A irrigação e adubação foram feitas das mesmas formas que no experimento do NMP.

O esquema demonstrativo encontra-se na figura 4, anexo 2.

3.2 Parâmetros Avaliados

3.2.1 Extração e Identificação de Esporos do Solo

A extração dos esporos e a identificação das espécies de FMA foram feitas pelos métodos descritos anteriormente.

3.2.2 Avaliação dos Resultados

As espécies de fungos indígenas foram avaliadas quanto à presença ou ausência de esporos de cada espécie de FMA gerados no substrato, em cada tratamento, em cada período de exposição da planta ao inóculo e em cada uma das 12 repetições. As espécies de fungos foram classificadas de acordo com o tempo transcorrido para promover a infecção radicular do sorgo, sendo consideradas, quanto à capacidade infectiva como: Muito Rápida (aquelas que infectaram em até 7 dias de exposição no inóculo); Rápida (as que infectaram até 14 dias de exposição); Moderada (até 21 dias de exposição); Lenta (até 28 dias) e, Muito lenta (até 35 dias). Foi considerado (+) para espécies de FMA presentes em até 1/3 das amostras; (++) presentes em até 2/3 e; (+++) entre 2/3 e 3/3 das amostras avaliadas. Estes resultados foram interpretados em conjunto com os resultados de densidade populacional de cada espécie nativa de FMA, obtidos no experimento do NMP.

4 - Índices de diversidade de espécies de FMA

Com os dados obtidos na experimento do NMP, relativos a densidades de propágulos infectivos por espécie de FMA (NPI/100g) e as densidades de esporos de cada espécie de fungo, contados diretamente nas amostras do campo ($n^{\circ}/100g$), procederam-se os cálculos dos índices de diversidade:

Os índices de Shannon-Weiner para a diversidade de espécies (H') foi calculado pela fórmula: $H' = -\sum p_i \cdot \log(p_i)$, onde p_i é a frequência relativa das espécies. O índice da equitabilidade de Pielou pela fórmula: $J = H'/\log(S)$, onde S é o n° de espécies de FMA. E o índice de dominância de Simpson pela fórmula: $y = \sum p_i^2$.

Os dados obtidos com os cálculos destes índices foram submetidos à análise de variância e, posteriormente, a testes de comparações de médias. Foram estudadas as relações existentes entre estes e os outros parâmetros avaliados nos experimentos.

5 - Nutrientes e Fitomassa Aérea Vegetal

Os parâmetros avaliados nas plantas, por ocasião do 4^o e 5^o cortes das plantas, foram a produção de matéria da parte aérea seca em estufa a 65 °C, até atingir massa constante; conteúdo de N, determinado após digestão sulfúrica e destilação em Kjeldall, adaptado da determinação conduzida para solo (Bremner & Mulvaney, 1982); conteúdo de P e K após digestão nítricoperclórica (Bataglia et al., 1983), sendo o P determinado em espectrofotômetro, a partir da formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em meio sulfúrico, na presença de ácido ascórbico como redutor (EMBRAPA (SNLCS, 1979), o K foi determinado em espectrofotômetro de absorção atômica.

V - RESULTADOS E DISCUSSÃO

1) Número de esporos determinado através da extração, identificação e contagem direta nas amostras de solo.

As 16 espécies identificadas por este método foram: *Glomus occultum* Walker; *G. diaphanum* (Morton & Walker; *G. macrocarpum* Tul & Tul; *G. microcarpum* Tul & Tul; *G. etunicatum* Becker & Gerdemann; *Scutellospora heterogama* Nicol. & Gerd.; *S. weresubiae* Koske & Walker; *S. castanea* Walker; Gianinazzi-Pearson & Marion-Espinase; *Acaulospora scrobiculata* Trappe; *A. rehmi* Sieverding & Toro; *A. mellea* Spain & Shenck; *A. tuberculata* Janos & Trappe, *A. morrowiae* Spain & Schenk; *A. appendicula* Spain, Sieverding & Shenck; *Gigaspora albida* Schenck & Smith e *Sclerocystis sinuosa* Gerdemann & Bakshi.

Com base nos dados apresentados na tabela 1, observa-se que dentro dos gêneros *Acaulospora*, *Gigaspora* e *Sclerocystis*, as leguminosas, bem como suas formas de manejo não proporcionaram diferenças significativas na densidade de esporos do solo. Os esporos encontrados, na maioria, foram de espécies pertencentes ao gênero *Acaulospora*, o que reforça observações anteriores de que

espécies desse gênero possuem características intrínsecas de produção de grande número de esporos, além da alta adaptabilidade a condições adversas, como sugerido por Lambais & Cardoso (1988); Siqueira et al. (1989) e Balota & Lopes (1996a); Berbara (1989). A não detecção de diferenças nas densidades de esporos encontradas nos dois tipos de manejos utilizados pode ser explicada pela melhor adaptabilidade de espécies deste gênero a condições adversas.

Para o gênero *Glomus*, também presente em quantidades elevadas, houve efeito interativo entre espécie de planta e manejo do resíduo vegetal da parte aérea após cada corte (tabela 1), sendo que, amendoim forrageiro proporcionou maior densidade de esporos no solo que as demais leguminosas, considerando o manejo A (manutenção dos resíduos vegetais de parte aérea, em cobertura). Dentro do manejo B (remoção dos resíduos vegetais de parte aérea), amendoim proporcionou maior densidade de esporos que cudzu que não diferiu de siratro. Dentro das leguminosas, o manejo A foi superior ao B para amendoim e cudzu. Espécies de *Scutellospora* foram mais abundantes no cudzu do que em siratro e o manejo A foi também superior ao B.

Tabela 1 - Densidade de esporos por Gênero de FMA indígenas de solo, aos 18 meses após o estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes (entre o 4º e 5º corte), manejadas através da manutenção (manejo “Ä”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea sob a parcela. (Nº de esporos por 100g de solo seco)

Gêneros de FMA (nº /100g solo)																
Espécies Vegetais	Glomus			Scutellospora			Acaulospora			Gigaspora			Sclerocystis			
	MANEJO															
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	
Amendoim	719Aa	408Ab	564	173	92	133 A	484	475	479 A	21	6	13 A	6	12	9 A	
Cudzu	387Ba	197Bb	292	101	41	71 A	936	476	706 A	2	2	2 A	8	10	9 A	
Siratro	267Ba	305ABa	286	29	18	24 B	339	425	384 A	2	0	1 A	10	10	10 A	
Média	458	304		101a	51b		586 a	460 a		8.2 a	2.7 a		8 a	11 a		

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05).

Tabela 2 - Número Propágulos Infectivos (NPI) por Gênero de FMA nativos de solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “Ä”) ou da remoção (manejo “B”) do material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela, 18 meses após o estabelecimento das leguminosas (entre o 4º e 5º corte). (Nº de propágulos por 100g de solo seco).

Gêneros de FMA (nr° /100g solo)															
Espécies Vegetais	Glomus			Scutellospora			Acaulospora			Gigaspora			Sclerocystis		
	MANEJO														
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	836	448	642 A	665	177	421 A	1021	573	797 A	0.8	0.6	1.5 A	8 Ba	6 Ba	7
Cudzu	393	193	293 A	408	155	282 A	633	465	549 A	1.8	1.1	0.8 A	49 Ba	10Bb	29
Siratro	377	118	248 A	284	101	194 A	335	324	329 A	0.9	0.6	0.7 A	6 Bb	50Aa	28
Média	535 a	253 b		454 a	144 b		663 a	454 a		1.2 a	0.8 b		22	21	

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05).

Avaliando a densidade de esporos por espécies individuais de FMA, observa-se na tabela 3 que, de modo geral, o manejo “A” proporcionou maior densidade de esporos que o “B” e dentre as leguminosas amendoim foi melhor que siratro, cudzu foi intermediário.

Características particulares de cada espécie de FMA, quanto à produção de esporos no solo proporcionados pelas plantas e manejos estudados e suas comparações, encontram-se na tabela 3. O manejo A proporcionou aumentos na densidade de esporos em relação ao manejo B para as seguintes espécies de FMA: *Glomus occultum*, *Scutellospora weresubiae*, *S. castanea*, *Acaulospora tuberculata* e *A. mellea*. Para *G. diaphanum*, *G. etunicatum* e *A. appendicula* houve interação planta x manejo, sendo que dentro de leguminosas o manejo A foi superior a B no número de esporos de: *G. diaphanum*, no solo cultivado com cudzu; *G. etunicatum*, com amendoim e *A. appendicula*, com amendoim e siratro.

Dentro do manejo A, amendoim foi igual a cudzu e melhor que siratro em proporcionar aumentos no número de esporos de *G. diaphanum*; amendoim foi superior a cudzu que foi igual a siratro, em *G. etunicatum*; amendoim e siratro foram superiores a cudzu, em relação a de *A. appendicula*. Dentro do manejo B: para a espécie *G. diaphanum*, amendoim foi superior a cudzu que foi igual ao siratro; para *G. etunicatum*, siratro superou amendoim e cudzu, os quais proporcionaram mesma densidade de esporos; para *A. appendicula*, não houve diferença entre as três leguminosas. As demais espécies não foram influenciadas pelos cultivos e manejos estudados, sendo que, *A. scrobiculata* e *A. morrowiae* apresentaram altas densidades de esporos no solo e as demais, baixa densidade.

Tabela 3 - Densidade de esporos por espécie de FMA indígenas de solo, aos 18 meses após o estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes, manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea sob a parcela. (Nº de esporos por 100cm³ de solo seco).

Espécies de FMA (nº esporos /100cm³ solo)												
Espécies Vegetais	<i>Glomus occultum</i>			<i>G. diaphanum</i>			<i>G macrocarpum</i>			<i>G. etunicatum</i>		
	MANEJO											
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	209	126	167 A	123 Aa	91 Aa	107	145	84	115 A	233 Aa	105 Bb	169
Cudzu	113	45	79 B	85 Aa	22 Bb	53	89	57	73 A	92 Ba	72 Ba	82
Siratro	39	29	34 C	20 Ba	19 Ba	20	70	62	66 A	134 Ba	192 Aa	163
Média	120 a	66 b		76	44		101 a	67 a		153	123	
Espécies Vegetais	<i>G .microcarpum</i>			<i>Scutellospora weresubiae</i>			<i>S. heterogama</i>			<i>S. castanea</i>		
	MANEJO											
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	9	32	38 A	72	33	53 A	55	40	48 A	47	20	33.5 A
Cudzu	9	16	28 A	41	17	29 B	34	13	24 AB	25	11	18 A
Siratro	4	7	15 A	9	7	8 C	11	4	7 B	9	7	8 A
Média	7 a	3 a		41 a	19 b		33 a	19 a		27 a	13 b	
Espécies Vegetais	<i>Acaulospora tuberculata</i>			<i>A. mellea</i>			<i>A. scrobiculata</i>			<i>A. rehmi</i>		
	MANEJO											
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	46	32	38 A	79	55	67 A	190	233	211 A	36	57	46 A
Cudzu	40	16	28 A	50	34	42 AB	403	202	302 A	108	58	83 A
Siratro	22	7	15 A	38	13	26 B	144	195	170 A	40	54	47 A
Média	36 a	18 b		56 a	34 b		245 a	210 a		61 a	57 a	
Espécies Vegetais	<i>A. morrowiae</i>			<i>A. appendiculata</i>			<i>Gigaspora albida</i>			<i>Sclerocystis sinuosa</i>		
	MANEJO											
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	116	96	106 A	16 Aa	2 Ab	9	20	6	13 A	12	6	9 A
Cudzu	335	165	250 A	0 Ba	2 Aa	1	2	2	2 A	8	10	9 A
Siratro	91	160	126 A	3 Aba	0 Ab	1.5	2	0	1 A	1	10	10 A
Média	181 a	141 a		6	1		8 a	2.7 a		10 a	8 a	

Obs : valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05).

Tabela 4 - Densidade de esporos geral de FMA indígenas de solo, 18 meses após estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes (entre o 4º e 5º corte), manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do material vegetal após o corte de parte aérea, sob a parcela. (Nº de esporos por 100cm³ de solo seco)

NMP (soma de todas as espécies de FMA)			
Espécie	MANEJO		<i>Média</i>
Vegetal	A	B	
Amendoim	1427	994	1210 A
Cudzu	1435	722	1078 AB
Siratro	642	760	701 B
<i>Média</i>	1167 a	825 b	

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05).

2) Número de propágulos infectivos de FMA determinado pela presença ou ausência de colonização micorrízica radicular nas diluições do bioensaio do NMP

A partir dos resultados observados na tabela 5, detecta-se que a manutenção em cobertura dos resíduos de parte aérea após cada corte das plantas (manejo A) acarretou aumento no número de propágulos infectivos (NPI) de FMA, quando comparado com o tratamento remoção do material vegetal (manejo B), independentemente da espécie de leguminosa. Dentre as leguminosas, amendoim proporcionou maior NPI de FMA do que siratro, que foi igual ao cudzu. Logo, depreende-se que as espécies de leguminosas, bem como tipo de manejo, provocaram alterações no NPI dos FMA indígenas do solo, sendo que, a técnica do NMP baseado na colonização radicular mostrou-se também sensível para detectar tais alterações.

Quanto à sensibilidade desta técnica na detecção do impacto de efeitos antrópicos, os resultados estão em concordância com os trabalhos de Harinikumar & Bagyaraj (1988); Herrera et al. (1988); Sieverding (1991); Vilariño & Arines (1991); Gange et al. (1993); Fischer et al. (1994); Requena et al. (1996); Souza (1996) e Espíndola et al. (1998) que demonstraram alteração do NPI pela técnica do NMP em função do manejo aplicado.

Figura 1- Distribuição geral das espécies de FMA indígenas, recuperadas pelo método da contagem direta dos esporos nas amostras de solo do campo, coletadas 18 meses após estabelecimento das plantas (entre o 4º e 5º corte). (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.

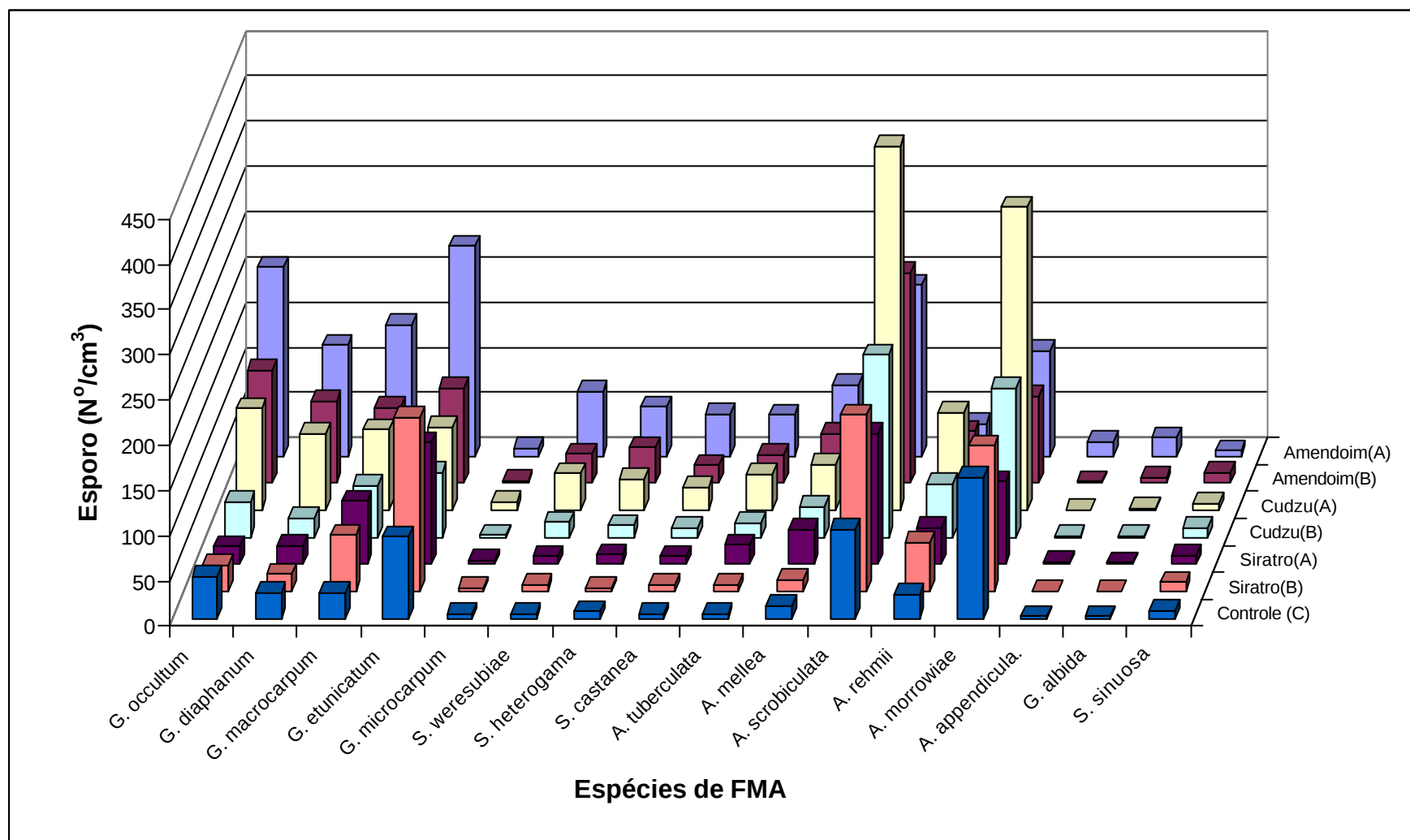


Tabela 5- Densidade de propágulos infectivos de FMA indígenas, avaliados pela técnica do NMP através da colonização radicular, em solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “Ä”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea sob a parcela, 18 meses após o estabelecimento

Propágulos infectivos de FMA (Nº/100g solo)			
Espécie vegetal	Manejo		Média
	A	B	
Amendoim	802	361	582 A
Cudzu	584	251	418 AB
Siratro	269	167	218 B
Média	553 a	260 b	

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

3 – Número de propágulos infectivos por espécie de FMA

A técnica do NMP, baseada na identificação de espécies individuais de FMA pelos esporos gerados nas diluições do bioensaio, detectou 18 espécies, a saber: *Glomus occultum* Walker, 1982; *G. diaphanum* Morton & Walker, 1984; *G. macrocarpum* Tul & Tul; *G. microcarpum* Tul & Tul; *G. etunicatum* Becker & Gerdemann, 1977; *G. sp1*; *Scutellospora heterogama* (Nicolson & Gerdemann); *S. weresubiae* (Koske & Walker); *S. castanea* (Walker, Gianinazzi-Pearson & Marion-Espinase); *Acaulospora scrobiculata* (Trappe); *A. rehmi* (Sieverding & Toro); *A. mellea* (Spain & Schenck); *A. tuberculata* (Janos & Trappe), *A. morrowiae* (Spain & Schenck); *A. appendicula* (Spain, Sieverding & Schenck); *Gigaspora albida* (Schenck & Smith); *G. decipiens* (Hall & Abbott) e *Sclerocystis sinuosa* (Gerdemann & Bakshi). O método recuperou, portanto, duas espécies a mais (*G. decipiens* e *G. sp1*) que o método de extração de esporos. A distribuição destas espécies com suas respectivas densidades de propágulos encontra-se na figura 2 e as densidades com respectivos intervalos de confiança das estimativas na tabela 6.

As 18 espécies de FMA recuperadas pelo NMP e suas densidades de propágulos foram distribuídas dentro dos 5 gêneros: *Acaulospora*, *Scutellospora*, *Glomus*, *Gigaspora* e *Sclerocystis*. Pela simples análise de suas frequências (figura 3) pode-se observar que as *Acaulosporas* foram mais abundantes em

todos os tratamentos, destacando-se na cobertura amendoim forrageiro e menos abundante no siratro. *Acaulospora* e *Glomus* foram representados por 6 espécies cada, *Scutelospora* por 3, *Gigaspora* por 2 e *Sclerocystis* uma (figuras 4 A a D).

O NPI por gênero de FMA determinado pela técnica do NMP pela identificação dos esporos gerados nas diluições, observados na tabela 2, mostra que o manejo A proporcionou maiores densidades de propágulos para os gêneros *Glomus*, *Scutellospora* e *Gigaspora*. Somente no gênero *Acaulospora* os manejos não acarretaram diferenças significativas, reforçando a característica desse gênero de FMA de produção de grande quantidade de esporos e adaptabilidade a condições adversas (Lambais & Cardoso, 1988; Siqueira et al., 1989; Balota & Lopes, 1996b). Sieverding (1991) reportou aumento na população de *Acaulospora* em solos cultivados com monocultura de mandioca, associando este aumento à degradação do solo e perda de espécies mais efetivas.

As leguminosas estudadas não proporcionaram diferenças no NPI dos gêneros de FMA, exceto para *Sclerocystis*, onde houve interação planta x manejo significativa, sendo que dentro do manejo A, cudzu proporcionou maior NPI que amendoim e siratro. Dentro do manejo B, siratro proporcionou maior NPI que amendoim e cudzu. Dentro das leguminosas, as formas de manejo proporcionaram resultados diferentes quanto ao NPI de *Sclerocystis sinuosa*, sendo que, amendoim não proporcionou diferenças entre manejos, cudzu foi melhor no manejo A e siratro no B.

Figura 2- Distribuição geral das espécies de FMA indígenas do solo, recuperadas pela técnica do NMP baseada na identificação dos esporos gerados nas diluições. (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina da vegetação espontânea e remoção do material vegetal da parcela.

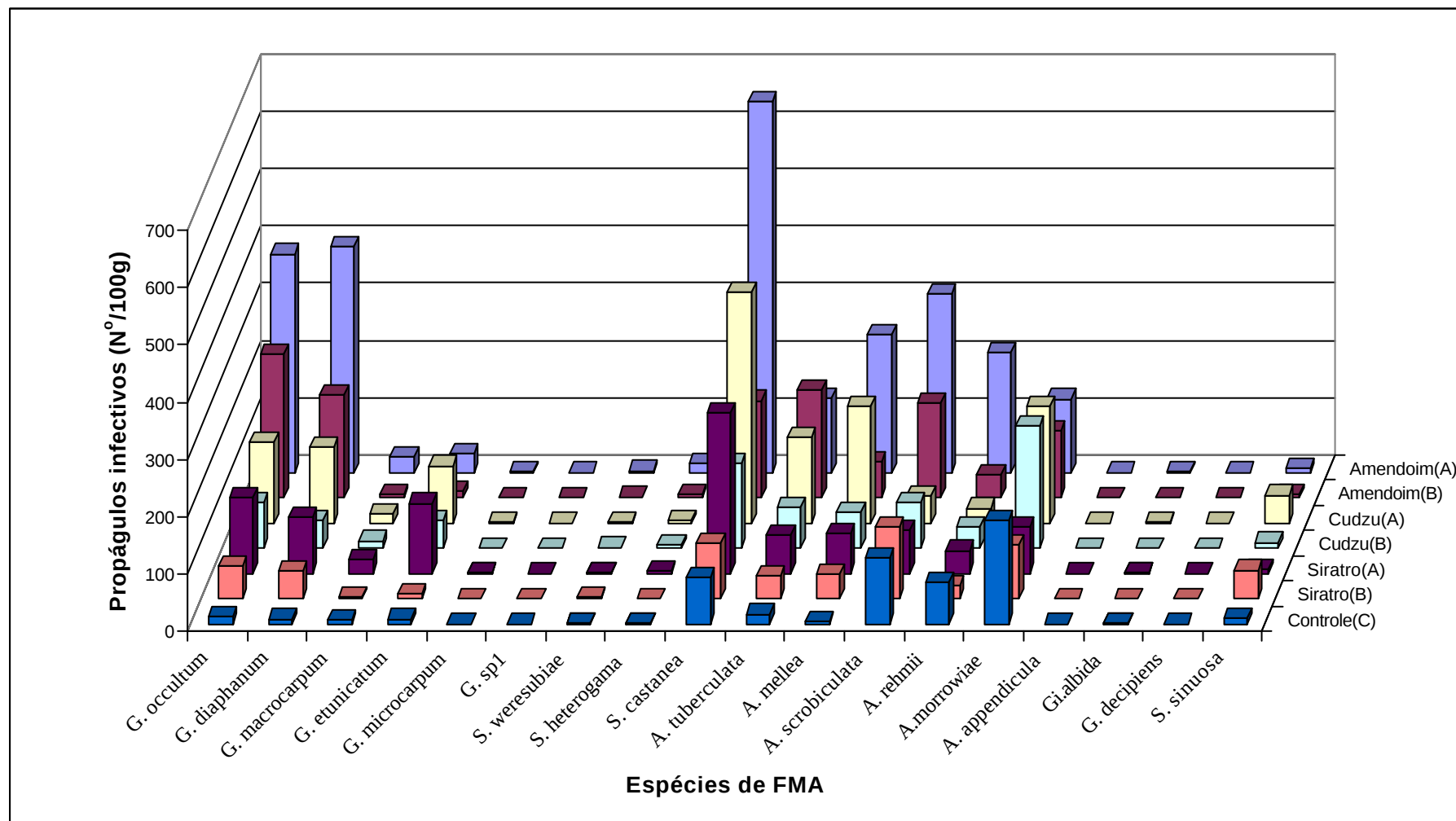


Tabela 6- Densidade de propágulos infectivos de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) indígenas de solo , 18 meses após estabelecimento das leguminosas herbáceas perenes submetidas a 4 cortes, e formas de manejo do material vegetal de corte de parte aérea.

Espécies de FMA	Amendoim forrageiro				Cudzu				Siratro				Controle	
	Manejo A ¹		Manejo B ²		Manejo A ¹		Manejo B ²		Manejo A ¹		Manejo B ²		Manejo C ³	
	NMP	IC	NMP	IC	NMP	IC	NMP	IC	NMP	IC	NMP	IC	NMP	IC
<i>Glomus diaphanum</i>	393,9	(184,3-841,8)	180,6	(84,5-385,9)	132,6	(62,1-283,4)	49,7	(23,2-106,1)	97,5	(45,6-208,4)	48,6	(22,8-103,9)	8,6	(4-18,3)
<i>G. etunicatum</i>	32,2	(15,1-68,7)	11,8	(5,5-25,2)	99,7	(46,6-213)	49,7	(23,2-106,1)	123,0	(57,3-261,8)	9,2	(4,3-19,6)	8,5	(4-18,3)
<i>G. macrocarpum</i>	26,8	(12,5-57,2)	5,5	(2,6-11,8)	16,9	(7,9-36,2)	13,3	(6,2-28,4)	24,2	(11,4-52,1)	3,3	(1,6-7,1)	7,0	(3,3-17,9)
<i>G. microcarpum</i>	1,4	(0,6-2,9)	0,7	(0,3-1,5)	1,9	(0,9-4,1)	1,2	(0,6-2,6)	0,6	(0,3-1,3)	0,7	(0,3-1,5)	0,2	(0,1-0,5)
<i>G. occultum</i>	381,5	(178,5-815,4)	250,0	(117,0-534,2)	141,5	(66,2-302,4)	79,1	(37-169)	132,2	(61,8-282,4)	56,1	(26,3-119,9)	56,1	(26,3-119,9)
<i>G. sp1</i>	0,3	(0,1-0,6)	0	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)	0,3	(0,1-0,5)	0	(0-0)	0	(0-0)
<i>Acaulospora appendicula</i>	0,6	(0,3-1,2)	0,6	(0,3-1,2)	0,6	(0,3-1,2)	0,4	(0,2-0,8)	0,4	(0,2-0,8)	0,4	(0,2-0,8)	0,2	(0,1-0,5)
<i>A. mellea</i>	241,7	(113,1-516,5)	62,2	(29,1-132,9)	203,6	(95,3-435,2)	6,2	(29-132,4)	70,4	(33-150,5)	42,3	(19,8-90,4)	4,2	(2-9,0)
<i>A. morrowiae</i>	128,5	(60,1-274,6)	117,5	(55-251,1)	204,6	(95,7-437,2)	214,3	(100,3-458,1)	81,1	(38-173,4)	94	(44-200,8)	180,2	(84,3-385,1)
<i>A. rehmi</i>	209,8	(98,2-448,3)	39,1	(18,3-83,6)	25,9	(12,1-55,4)	37,9	(17,7-80,9)	40,3	(18,9-86,2)	23,5	(11-50,2)	72,2	(33,8-154,4)
<i>A. scrobiculata</i>	312,7	(146,3-668,3)	166	(77,7-354,7)	47,8	(22,4-102,1)	79,8	(37,3-170,5)	74,9	(35,1-160,1)	124,7	(58,3-266,4)	116,1	(54,3-248,2)
<i>A. tuberculata</i>	128,7	(60,2-275)	187,7	(87,8-401,1)	150,5	(70,4-321,7)	70,4	(33-150,5)	67,7	(31,7-144,7)	38,9	(18,2-83,1)	17,2	(8-36,7)
<i>Gigaspora albida</i>	0,8	(0,4-1,8)	0,6	(0,3-1,3)	1,8	(0,9-3,9)	1,1	(0,5-2,3)	0,9	(0,4-1,9)	0,6	(0,3-1,4)	0,4	(0,2-0,9)
<i>G. decipiens</i>	0	(0-0)	0,3	(0,2-0,7)	0	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)	0	(0-0)
<i>Scutellospora castanea</i>	646,5	(302,5-1381,7)	169,6	(79,3-362,3)	402	(188,1-859,2)	147,6	(69,1-315,4)	281,4	(131,7-601,4)	97,2	(45,5-207,7)	80,1	(37,5-171,3)
<i>S. heterogama</i>	15,5	(7,3-33,1)	5,5	(2,6-11,8)	3,9	(1,8-8,4)	5,8	(2,7-12,4)	4,8	(2,2-10,2)	1,3	(0,6-2,8)	0,8	(0,4-1,7)
<i>S. weresubiae</i>	3,3	(1,6-7,1)	1,9	(0,9-4,1)	2	(1-4,4)	1,8	(0,8-3,9)	1,4	(0,6-2,9)	0,2	(0,9-4,2)	1,4	(0,7-3)
<i>Sclerocystis sinuosa</i>	7,9	(3,7-16,8)	5,8	(2,7-12,4)	48,5	(22,7-103,6)	10,4	(4,9-22,2)	6,5	(3-13,8)	49,7	(23,3-106,3)	9,7	(4,6-20,8)
NMP total	2532	(1185-5412)	1206	(564-2576)	1484	(695-3172)	825	(386-1763)	1008	(471-2153)	593	(278-1267)	520	(243-1110)

¹ Permanência da cobertura vegetal sobre a parcela, após o corte da parte aérea das plantas .

² Remoção da cobertura vegetal da parcela, após o corte da parte aérea das plantas..

³ Capina da parcela e remoção da cobertura vegetal da parcela.

NMP - propágulos infectivos de FMA em número por 100 gramas de solo seco .

IC - intervalo de confiança da média do NMP

Considerando a soma de todas as espécies (NPI totais), no geral, não houve diferença significativa entre as leguminosas e o manejo A foi superior ao B em proporcionar aumentos no NPI dos FMA (tabela 7).

Na tabela 8, encontram-se os dados referentes ao NPI por espécie individual de FMA. Para as espécies *Glomus occultum*, *G. diaphanum*, *G. macrocarpum*, *G. sp1*, *Scutellospora weresubiae*, *S. heterogama*, *Acaulospora tuberculata*, *A. morrowiae*, *A. appendicula* e *Gigaspora decipiens* não foram detectadas diferenças significativas entre as formas de manejo e entre as espécies de plantas, em relação ao NPI dessas espécies fúngicas. O manejo A foi superior ao B para *S. castanea*, *A. mellea* e *G. albida*, não diferindo entre espécies de plantas. Diferenças no NPI proporcionadas pelas leguminosas, somente foram observadas em *A. scrobiculata*, onde amendoim proporcionou maior NPI que cudzu, que foi maior que siratro. Para *A. rehnii*, amendoim proporcionou maior NPI que siratro. A espécie *G. sp1* só foi detectada no manejo A e *G. decipiens* somente no B.

Foram detectadas interações planta x manejo no NPI de *G. macrocarpum* e *G. etunicatum*. Em *G. macrocarpum*, dentro do manejo A, as leguminosas não diferiram entre si e dentro do manejo B cudzu proporcionou maior NPI que siratro. Dentro do fator planta, o manejo A proporcionou maior NPI em amendoim e siratro e não diferiu do B em cudzu. Em *G. etunicatum*, as leguminosas só proporcionaram diferenças no NPI no manejo B, sendo amendoim e cudzu superiores a siratro e este foi superior no manejo A em relação ao B.

Glomus e *Scutellospora* foram mais freqüentes em amendoim e menos freqüentes no tratamento controle (vegetação espontânea mantida capinada). Os gêneros *Sclerocystis* e, principalmente, *Gigaspora* tiveram baixas densidades de propágulos infectivos em todos os tratamentos (figura 3), sendo que, *Gigaspora* apresentou maior densidade de propágulos infectivos no solo na presença de cudzu e maior número de esporos no solo com o cultivo de amendoim.

Dentre as *Acaulosporas*, *A. appendicula* apresentou baixa densidade de propágulos (menor que 2 propágulos/100g de solo) em todos os tratamentos. *A.*

rehmii foi também pouco freqüente mas superou *A. appendicula* (figura 4B₁). *Acaulospora mellea*, *A. tuberculata*, *A. scrobiculata*, *A. morrowiae* apresentaram, de modo geral, altas densidades em todos os tratamentos, com exceção do controle onde *A. tuberculata* e *A. mellea* apresentaram baixas densidades e *A. scrobiculata*, *A. rehnii* e *A. morrowiae* densidades elevadas, com destaque para *A. morrowiae*.

Tabela 7- Densidade de propágulos infectivos de FMA indígenas, avaliados pela técnica do NMP por espécie de FMA, através dos esporos gerados nas diluições, em solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “Ä”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea sob a parcela, 18 meses após o estabelecimento

Prop. infectivos de FMA (soma das espécies)			
Espécie vegetal	Manejo		<i>Média</i>
	A	B	
Amendoim forrageiro	2532	1206	1869 A
Cudzu	1484	825	1155 A
Siratro	1008	593	801 A
<i>Média</i>	1675 a	875 b	

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Tabela 8 - NMP por espécie de FMA nativos de solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da manutenção (manejo “A”) ou da remoção (manejo “B”) do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela, 18 meses após estabelecimento das leguminosas. (Nº de propágulos por 100g de solo seco).

Espécies de FMA (NPI /100g solo)															
Espécies Vegetais	Glomus occultum			G. diaphanum			G. macrocarpum			G. etunicatum			G. microcarpum		
	MANEJO														
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	382	250	316 A	394	181	288 A	27 Aa	6 ABb	17	32 Aa	12 Aba	22	1.4	0.7	1.1 A
Cudzu	142	79	111 A	133	50	92 A	17 Aa	13 Aa	15	100 Aa	50 Aa	75	1.9	1.2	1.5 A
Siratro	132	56	94 A	98	49	74 A	24 Aa	3 Bb	14	123 Aa	9 Bb	66	0.6	0.7	0.7 A
Média	219 a	128 a		208 a	93 a		23	7		85	24		1.6 a	0.9 a	
Espécies Vegetais	G. sp1			Scutellospora weresubiae			S. heterogama			S. castanea			Acaulospora tuberculata		
	MANEJO														
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	0.3	0	0.15	3.3	1.9	2.6 A	15.5	5.5	10.5 A	647	170	409 A	129	188	159 A
Cudzu	0	0	0	2.0	1.8	1.9 A	3.9	5.8	3.2 A	402	148	275 A	151	70	111 A
Siratro	0.3	0	0.15	1.4	0.2	0.8 A	4.8	1.3	3.1 A	281	97	189 a	68	39	54 A
Média	0.2	0		2.2 a	1.3 a		8.1 a	4.2 a		443 a	138 b		116 a	99 a	
Espécies Vegetais	A. mellea			A. scrobiculata			A. rehmi			A. morrowiae			A. appendicula		
	MANEJO														
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	242	62	152 A	313	166	240 A	210	39	125 A	129	118	124 A	0.6	0.6	0.6 A
Cudzu	204	61	133 A	75	125	100 B	26	38	32 B	205	214	210 A	0.6	0.4	0.5 A
Siratro	70	42	56 A	48	80	65 C	40	24	32 B	81	94	88 A	0.4	0.4	0.4 A
Média	172 a	55 b		145 a	124 a		92 a	34 a		135 a	142 a		0.5 a	0.5 a	
Espécies Vegetais	Gigaspora albida			G. decipiens			Sclerocystis sinuosa								
	MANEJO														
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média						
Amendoim	0.8	0.6	0.7 A	0	0.3	0.15	8 Ba	6 Ba	7						
Cudzu	1.8	1.1	1.5 A	0	0	0	49 Aa	10 Bb	30						
Siratro	0.9	0.6	0.8 A	0	0	0	6.5 Bb	50 Aa	28						
Média	1.2 a	0.8 b		0	0	0	21								

Obs : valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05).

Figura 3A- Distribuição dos gêneros de FMA indígenas do solo sob leguminosas herbáceas perenes, 18 meses após seu estabelecimento, recuperadas pela técnica do NMP baseado na identificação dos esporos nas diluições. (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.

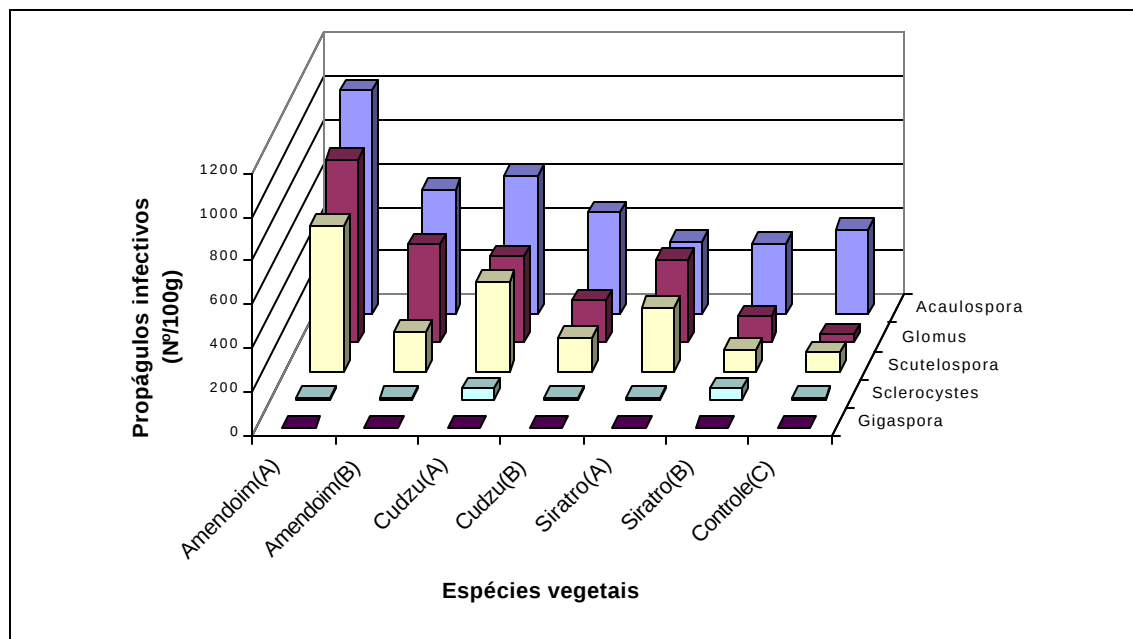


Figura 3B- Distribuição dos gêneros de FMA indígenas do solo sob leguminosas herbáceas perenes, 18 meses após seu estabelecimento, recuperados pela técnica da extração e contagem direta dos esporos nas amostras do solo do campo. (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.

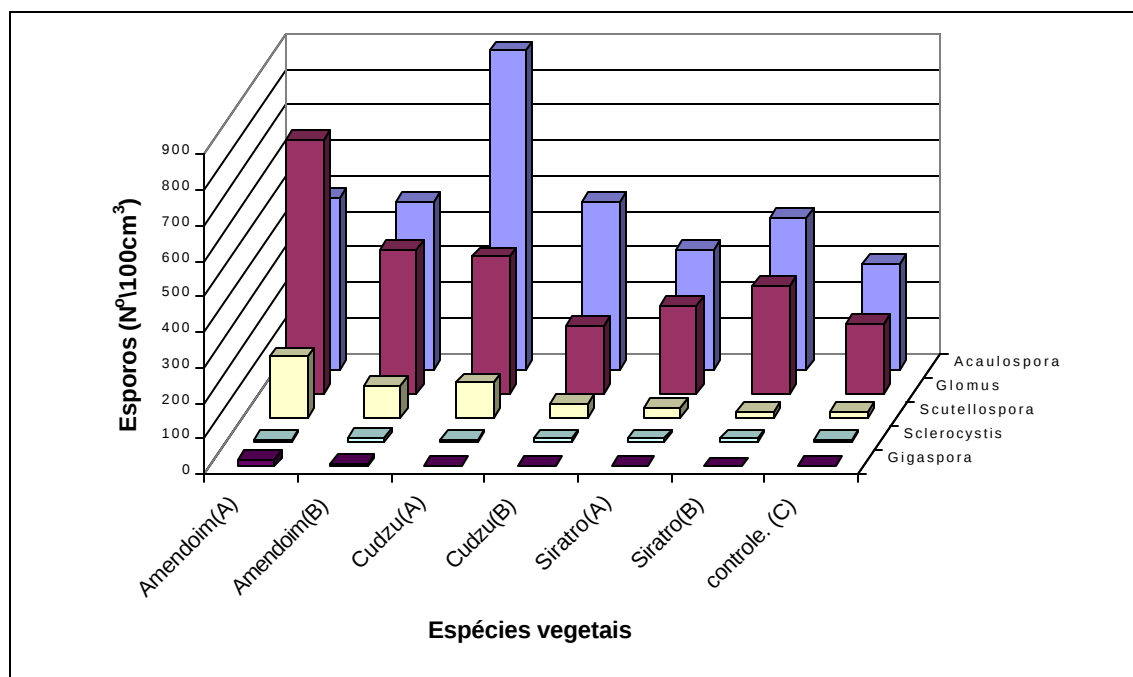


Figura 4 (A,B,C e D)- Distribuição das espécies dentro dos gêneros de FMA indígenas do solo, recuperadas pela técnicas do NMP baseado na identificação dos esporos nas diluições e pela contagem direta de esporos nas amostras de solo do campo. (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.

Figura 4 A₁ (Gênero *Glomus*)

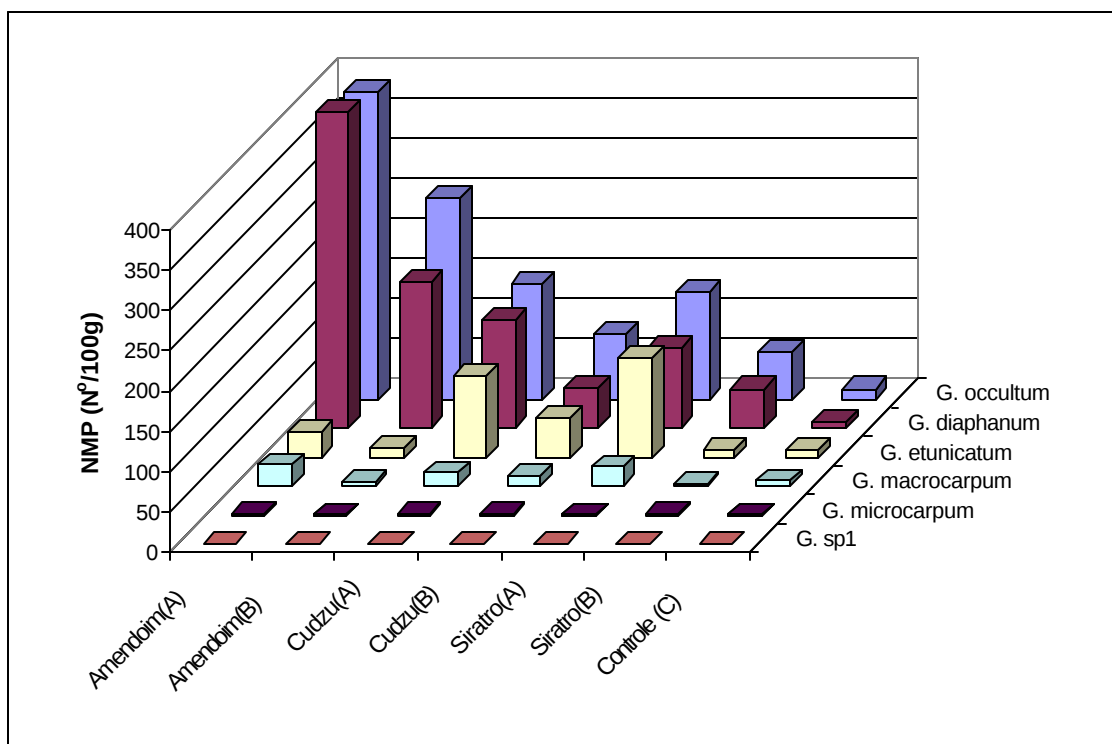


Figura 4A₂ (Gênero *Glomus*)

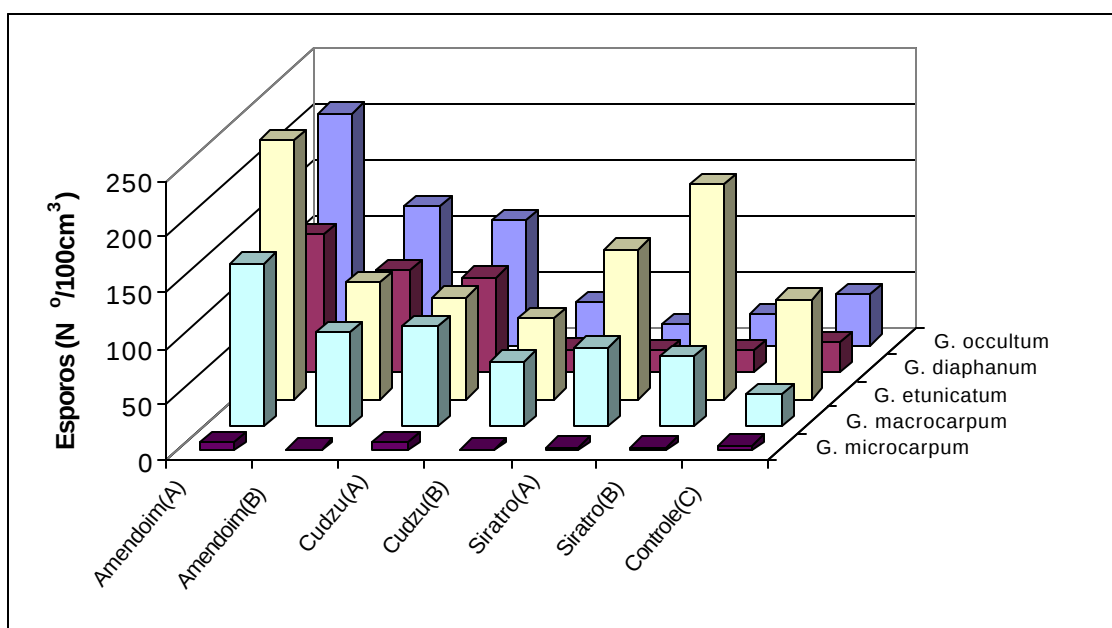


Figura 4B₁ (gênero *Acaulospora*)

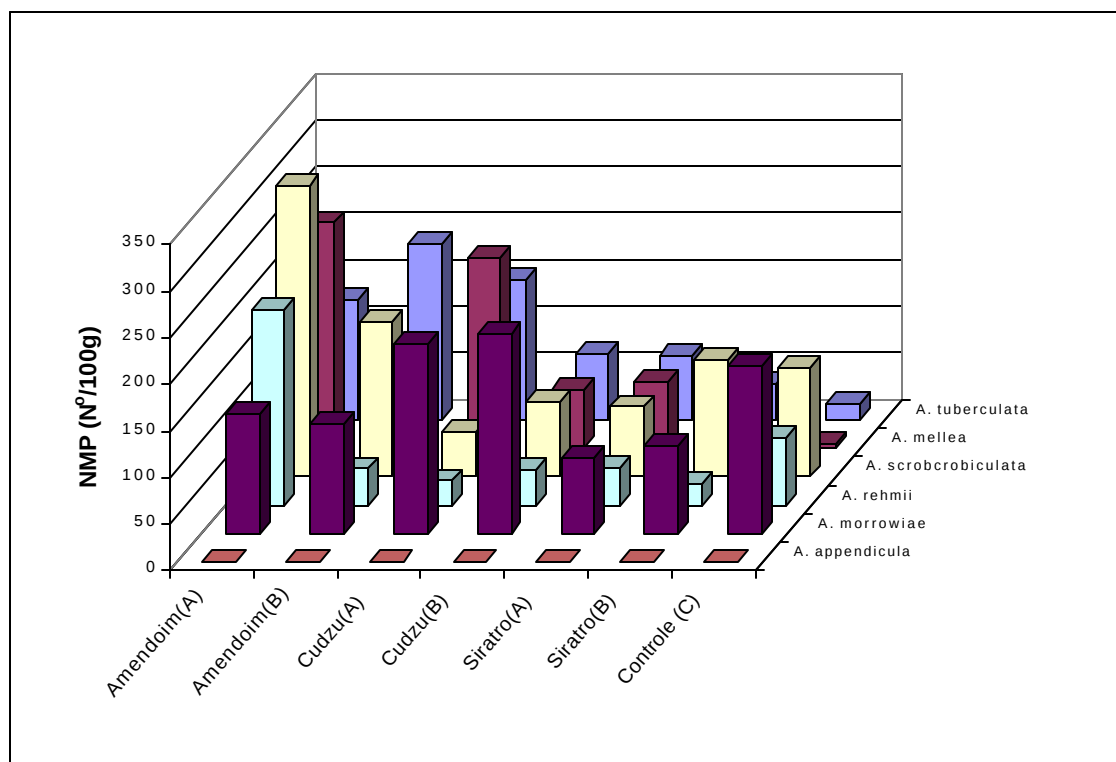


Figura 4B₂ (gênero *Acaulospora*)

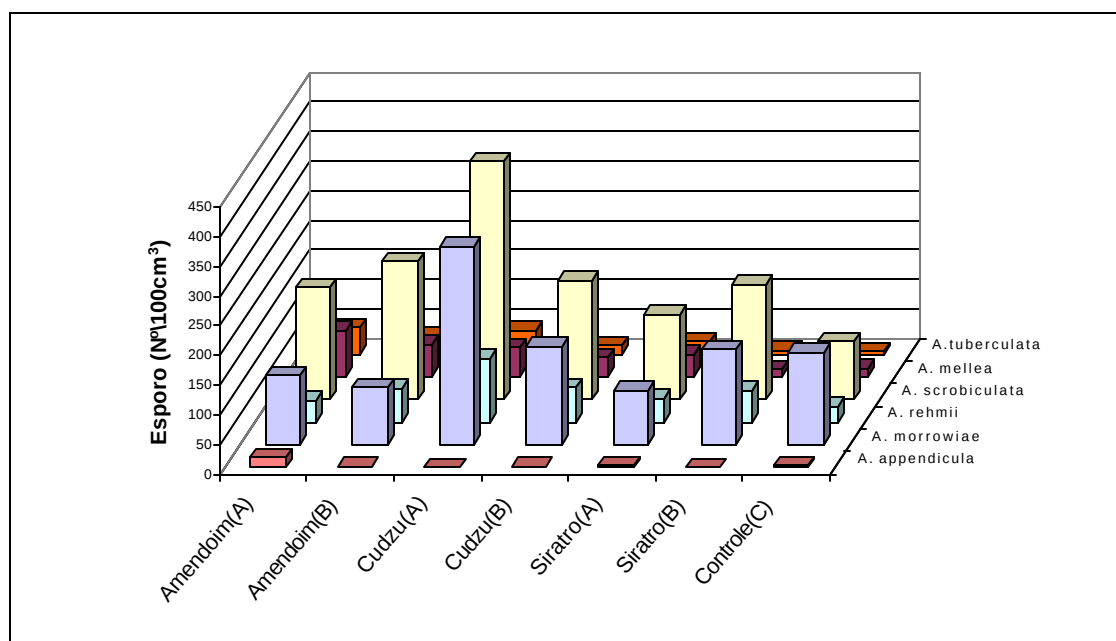


Figura 4C₁ (gênero *Scutellospora*)

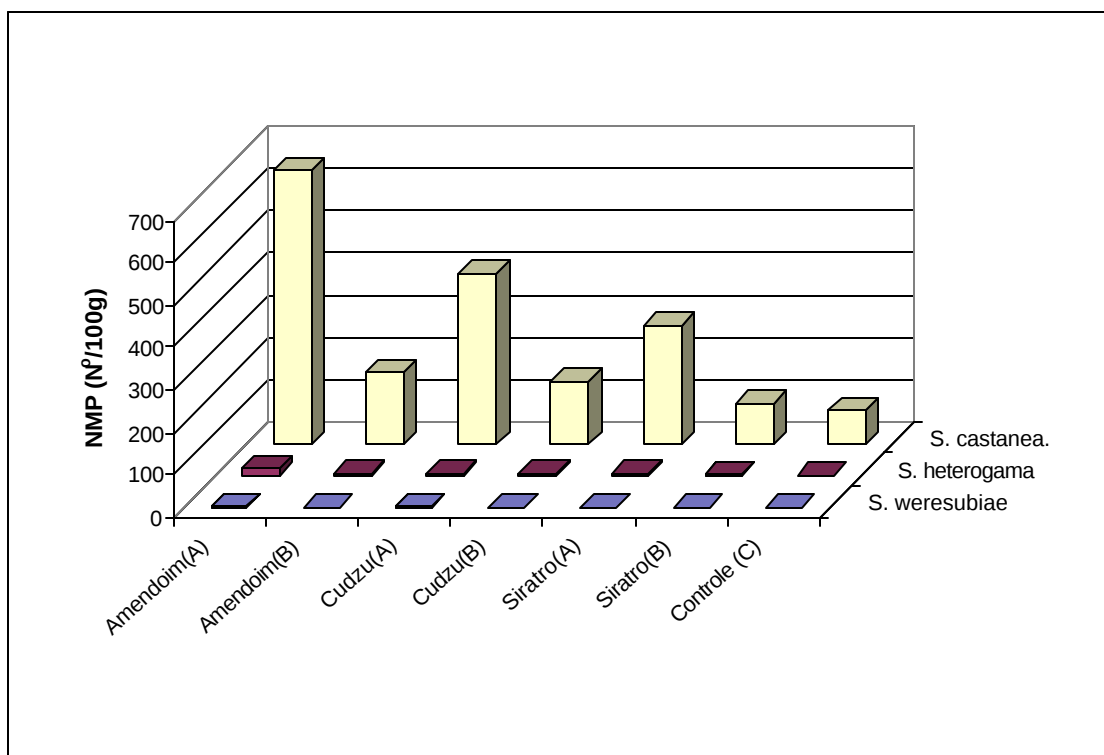


Figura 4C₂ (gênero *Scutellospora*)

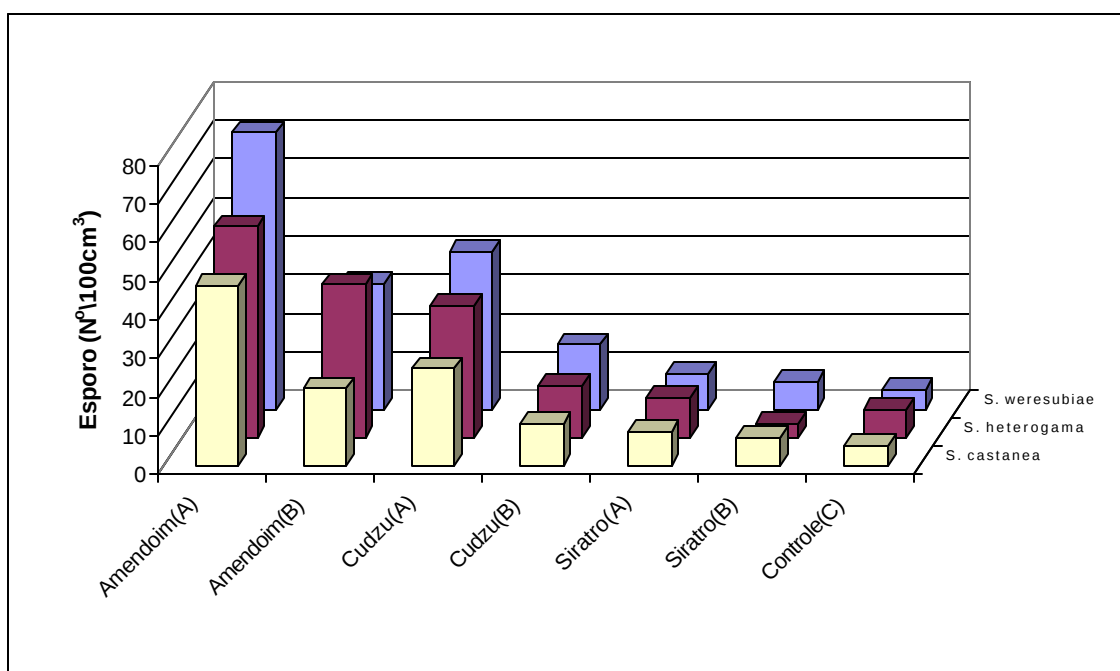


Figura 4D₁ (gênero *Gigaspora*)

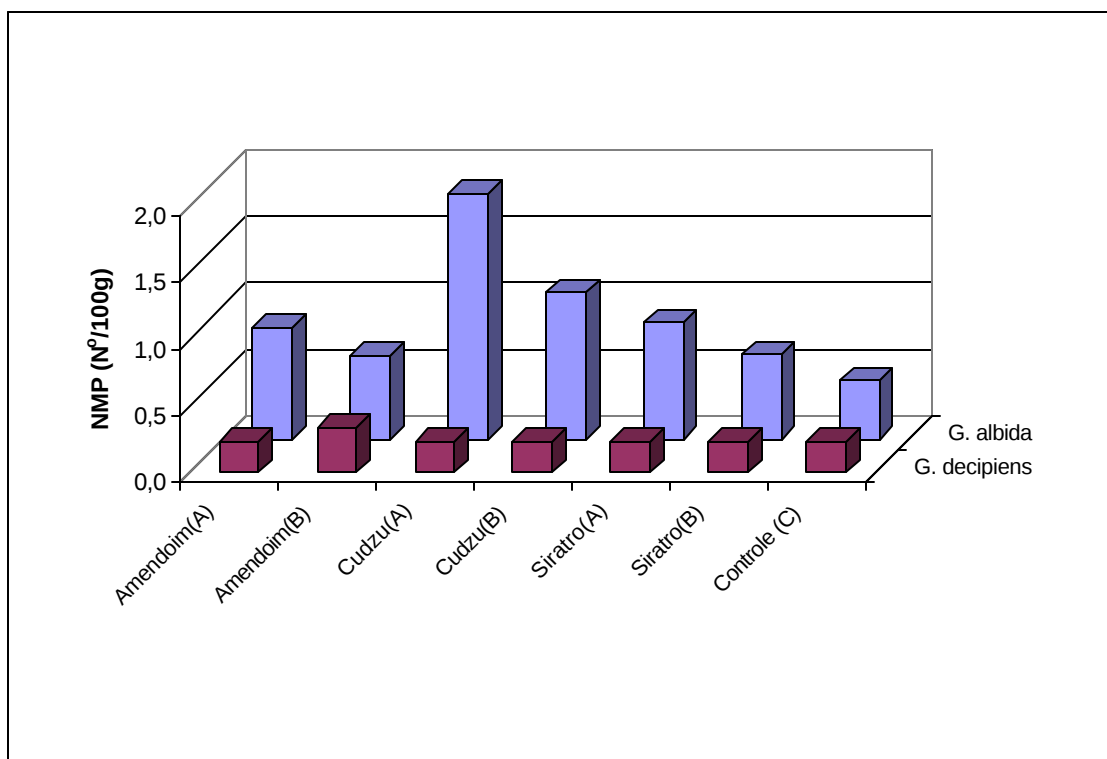
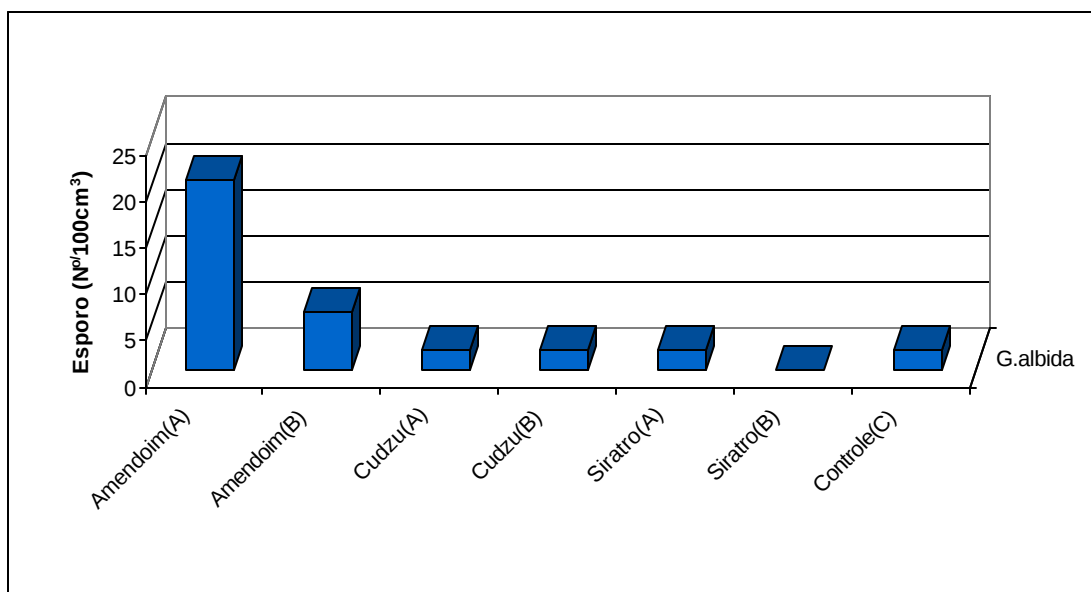


Figura 4D₂ (gênero *Gigaspora*)



Quanto ao número de esporos no solo, *A. scrobiculata* seguida de *A. morrowiae* se destacaram (fig. 4B₂). Na cobertura com cudzu maior nº de esporos foi encontrado, mas não diferiu estatisticamente das demais leguminosas (tabela 3). Dentre as *Scutellosporas* (fig. 4C₁ e 4C₂), *S. castanea* foi a mais freqüente em todos os tratamentos e de todas as espécies de FMA recuperadas produzindo maior NPI no manejo A. *S. heterogama* e *S. weresubiae* apresentaram baixas densidades em todos os tratamentos em estudo. Quanto à produção de esporos, as três espécies de *Scutellospora* apresentaram comportamentos semelhantes, com mais esporos no solo cultivado com amendoim, seguido por cudzu, siratro e controle. O manejo A proporcionou maiores densidades de esporos que o B.

As espécies de *Gigaspora* mostraram densidades inferiores a 2 propágulos por 100g de solo (figuras 4D1 e 4D2), sendo que *G. decipiens* foi detectada em apenas um tratamento, *A. pintoii*, manejo B. *G. albida* esteve presente em todos os tratamentos, mas em baixa densidade, destacando-se em solo coberto com cudzu. *G. albida* apresentou maior densidade de esporos no solo cultivado com amendoim.

Glomus sp1 foi recuperado somente em amendoim e siratro, no manejo A, respectivamente, nas densidades de 0,28 e 0,25 propágulos por 100g de solo seco.

Considerando as formas de manejo do resíduo vegetal após o corte de parte aérea das leguminosas, a manutenção do material sobre a parcela proporcionou maior número de propágulos infectivos de FMA quando comparado com a remoção e com o controle (tabelas 2, 3 e 6), mostrando a mesma tendência nas 3 técnicas utilizadas.

4) Comparação das metodologias: NMP baseado na colonização radicular; NMP por espécies individuais de FMA baseado na identificação dos esporos nas diluições e Número de esporos no solo pela extração e contagem direta.

Os resultados do NMP pela colonização radicular foram obtidos através da observação da presença ou ausência de estruturas fúngicas dentro das raízes de

cada uma das repetições de cada diluição e de cada bioensaio, os quais encontram-se na Tabela 5 e Fig. 5 e 6. Estes dados são estimativas da densidade de propágulos totais de FMA presentes nas amostras, porque consideram todos os propágulos infectivos (raízes colonizadas com estruturas fúngicas internas como hifas, vesículas e esporos; fragmentos de hifas do micélio externo e esporos) como um todo.

Uma importante crítica ao método do NMP está na vigorosa homogeneização do material inóculo (solo teste) com o material de solo autoclavado, no preparo das diluições. Este procedimento constitui uma exigência desta metodologia para o cumprimento de uma das premissas do método. Porém, a homogeneização dos materiais provoca a ruptura do micélio extramático, danificando e/ou destruindo esta importante fonte de propágulo, que é considerada como a mais infectiva (Liu & Luo, 1994).

Outra crítica à esta metodologia foi feita por An et al. (1990) e por Hendrix et al. (1995) por ela não estimar a densidade populacional das espécies individuais de FMA, visto que as informações sobre as espécies individuais seriam mais usuais do que a densidade populacional total de propágulos determinado através da análise da colonização radicular (presença ou ausência), já que os efeitos da micorriza sobre as plantas são, provavelmente, devido aos efeitos das espécies individuais (An *et al.*, 1990) e o dado gerado por esta técnica não permite inferências sobre a população fúngica presente. Além disso, o NMP baseado na observação da colonização radicular nas diluições subestima a densidade populacional dos FMA (figuras 5 e 6), pois, por considerar os propágulos infectivos como um todo, o valor da estimativa da densidade de propágulos será dada apenas pela espécie mais abundante, desprezando as espécies raras.

Por outro lado, a estimativa do NMP baseado na colonização de raízes é mais rápida e mais fácil de ser obtida do que a estimativa por espécies individuais de FMA e tem se mostrado sensível na detecção das alterações sofridas pelos ecossistemas, provocadas por algum tipo de impacto como, por exemplo, o manejo do solo. Por apresentar esta vantagem, vários autores têm utilizado esta

técnica (Requena et al., 1996; Vilariño & Arines, 1991; Mcgee et al., 1997; Souza, 1996; Espíndola et al., 1998).

A técnica do NMP pela colonização radicular (Porter, 1979) e a contagem direta dos esporos subestimaram a densidade de propágulos infectivos de FMA, quando comparadas com a técnica do NMP por espécies individuais de FMA baseado na identificação dos esporos nas diluições (figuras 5 e 6). O NMP por espécie de FMA fornece uma estimativa do NPI de FMA mais real do que a contagem dos esporos e a estimativa do NPI pela técnica do NMP baseado na colonização radicular, porque ele detecta todos os propágulos capazes de produzir infecção micorrízica no período do bioensaio, de cada uma das espécies de FMA presentes, sendo, portanto, mais eficiente que a contagem de esporos (que só considera os esporos na avaliação da população fúngica) e o NMP avaliado pela colonização radicular, que em alguns casos, pode subestimar muito mais a população fúngica do que a contagem direta dos esporos. O NMP avaliado pela colonização considera os propágulos como se fossem “um todo”, e neste caso, o dado estimado por esta técnica depende da distribuição das frequências das espécies. A espécie que apresentar a maior abundância será responsável pela colonização nas diluições mais altas, determinando o valor desta estimativa, e as densidades das demais espécies não serão computadas nesta avaliação. Assim, quanto maior o número de espécies e a uniformidade entre elas, mais os dados serão subestimados pelo NMP determinado pela colonização radicular.

Nos estudos de Adelman & Morton (1986), Porter (1979), Espíndola et al. (1998) em alguns casos, o NMP pela colonização radicular apresentou densidades de propágulos inferiores ao número de esporos obtidos pela contagem direta. As justificativas sugeridas para tais diferença foram basicamente o fato da técnica de NMP não detectar esporos dormentes no solo, os quais seriam detectados pela contagem direta, e o fato que existem algumas espécies de FMA como *Glomus occultum*, que dificilmente se coram com os corantes usualmente

empregados, subestimando estas populações. No entanto, estes autores não ressaltam as particularidades da técnica descritas acima.

Quando se compara as duas técnicas de determinação do NMP, o NMP baseado na colonização radicular também subestima a densidade de propágulos, porque se uma delas possuir densidade de propágulos mais elevada que as outras, esta será responsável pela colonização na diluição mais alta (material mais diluído), determinando o NPI daquele bioensaio, isso ocorre pelo método considerar as espécies de FMA como um todo. Por outro lado, ao considerar cada espécie individualmente (NMP por espécie de FMA) o NPI será dado pela soma das densidades de cada uma delas. Estas diferenças reveladas pelas diferentes metodologias podem ser observadas nas figuras 5 e 6, que também contemplam as alterações proporcionadas pelos cultivos e manejos estudados.

Por outro lado, mesmo o NMP determinado pela análise das espécies individuais através da extração, separação e identificação dos esporos produzidos nos potes armadilhas provenientes das diluições do bioensaio, ainda pode subestimar a densidade dos FMA, pois como é determinado pela extração e identificação dos esporos do solo temos as mesmas limitações do método convencional quanto a detecção daqueles esporos de diâmetro menor que o da peneira de menor abertura (53 μ m) usada na extração dos mesmos (Hall, 1987), bem como os esporos produzidos dentro das raízes e aqueles com estruturas grandes o bastante para transpassar a peneira de maior abertura, sendo também removidos algumas vezes na 1ª centrifugação junto com materiais orgânicos (Clarke & Mosse, 1977). Deve-se também considerar as espécies que dificilmente ou até mesmo não esporulam (Baylis, 1969). A técnica do NMP ainda é muito laboriosa e necessita de longo tempo para ser concluída, principalmente quando se deseja determinar a estimativa das densidades por espécies individuais de FMA e quando se trabalha com grande número de amostras. De forma diferente, o NMP pela colonização não apresenta estes inconvenientes pois se baseia somente na colonização micorrízica. Além disso, o NMP pela colonização é mais rápido, pois como não separa as densidades por

espécies individuais não necessita de técnica para identificação, preparo de lâminas e conhecimentos taxonômicos sobre cada espécie de FMA.

Contudo, o grande problema do método do NMP consiste em utilizar amostras deformadas e o processo de preparo das diluições certamente ocasiona redução no NPI, principalmente por conta da fragmentação de hifas. A perda da infectividade de FMA devido ao rompimento da estrutura do solo já foi bem documentado por Abbott & Robson (1981b); Jasper et al.(1979).

Figura 5- Densidades de propágulos infectivos (nº/100g de solo) determinados pela técnica do NMP (baseado na colonização radicular (NMP total) e NMP por espécie de FMA (soma dos NMPs de cada espécie, baseado na identificação dos esporos no substrato das diluições) e Densidade de Esporos pela contagem direta nas amostras do campo. Comparação entre plantas e os Manejos: (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.

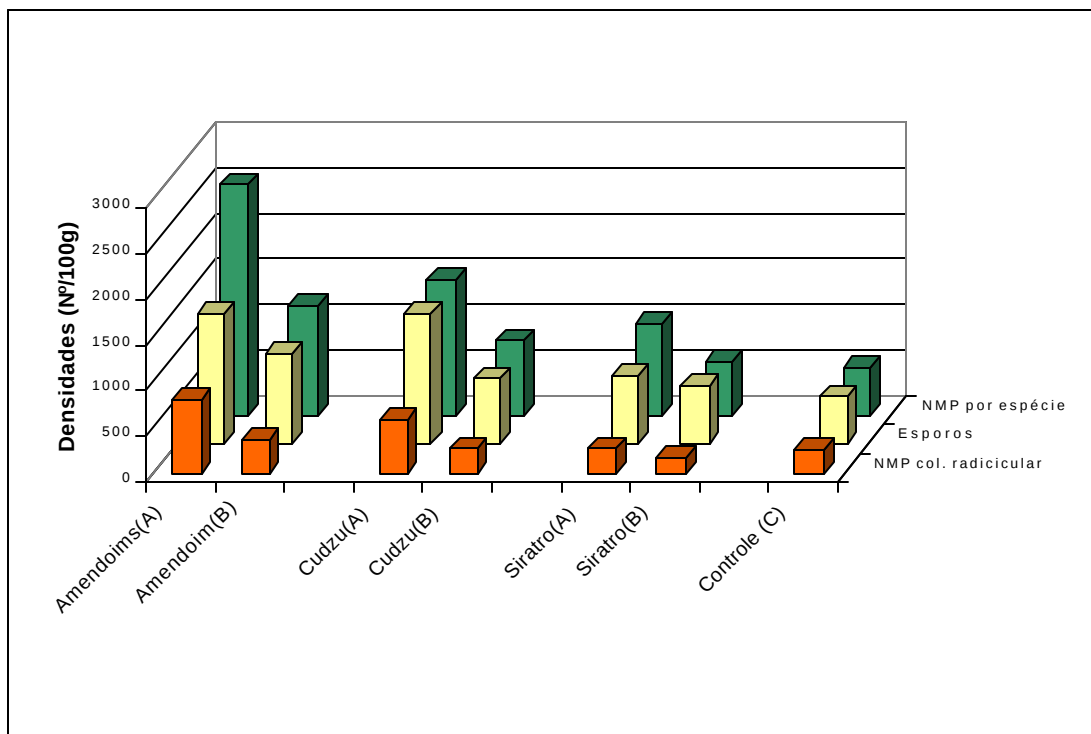


Figura 6- Densidades de propágulos infectivos ($n^{\circ}/100g$ de solo) determinados pela técnica do NMP (baseado na colonização radicular (NMP total) e NMP por espécie de FMA (soma dos NMPs de cada espécie, baseado na identificação dos esporos no substrato das diluições) e Densidade de Esporos pela contagem direta nas amostras do campo. Comparação entre os Manejos: (A) manutenção do material vegetal de corte de parte aérea das plantas, sobre as parcelas; (B) remoção do material vegetal e, (C) capina e remoção do material da parcela.

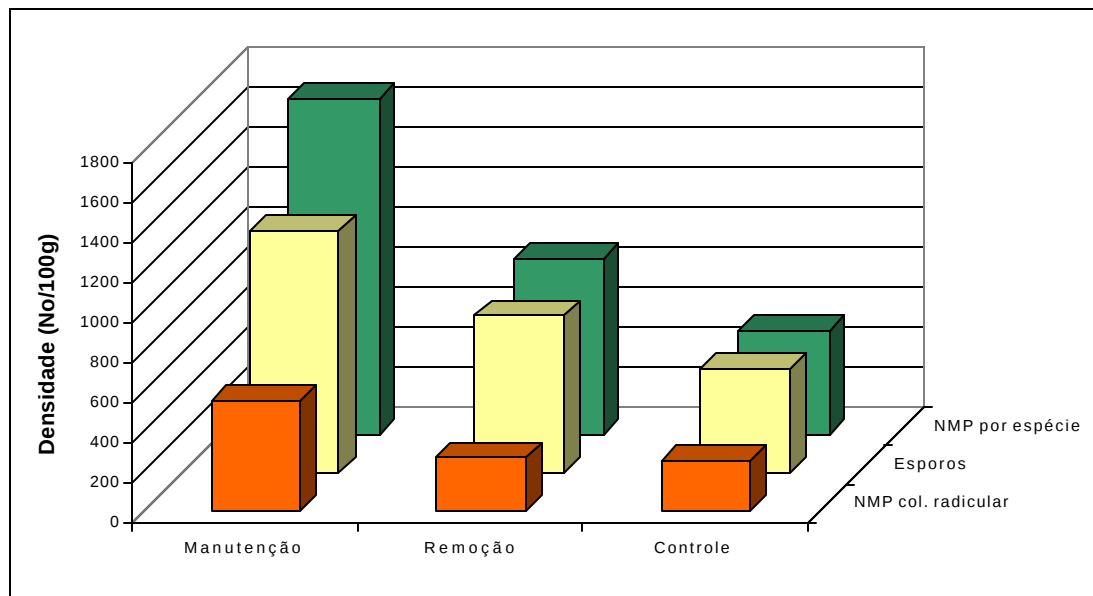


Figura – 7 A Amplitude de variação da densidade de esporos de FMA (esporos/100cm³) em solo sob leguminosas herbáceas perenes. “Ranking” das espécies de FMA

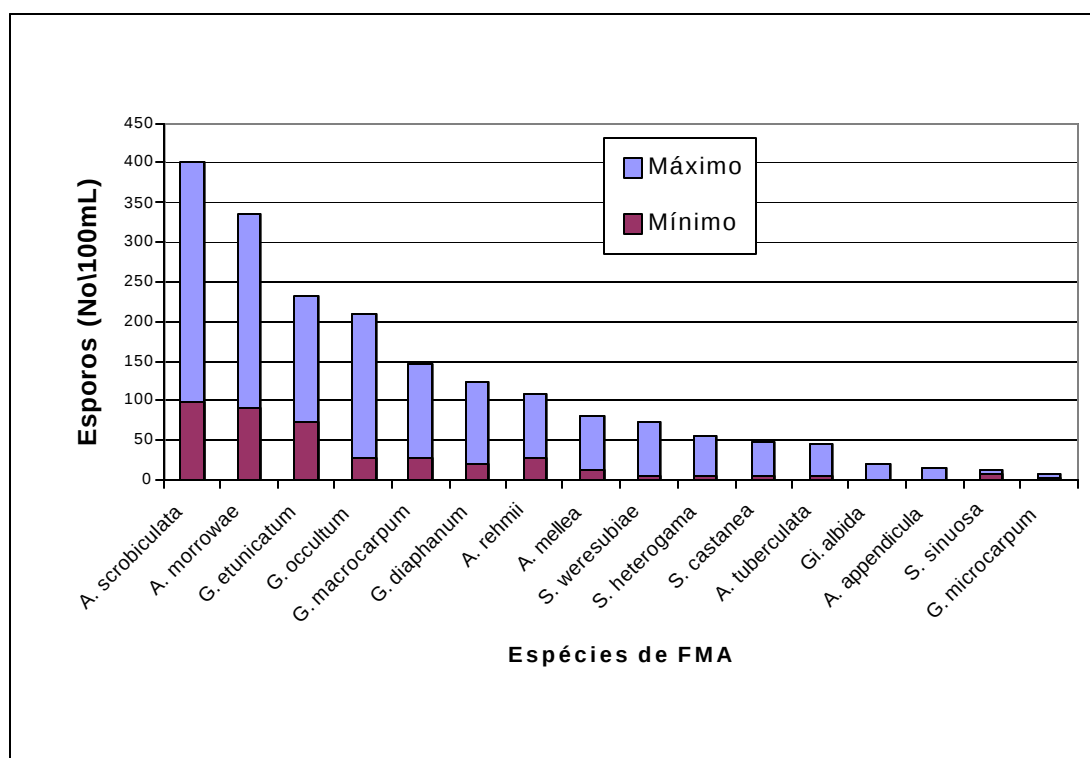
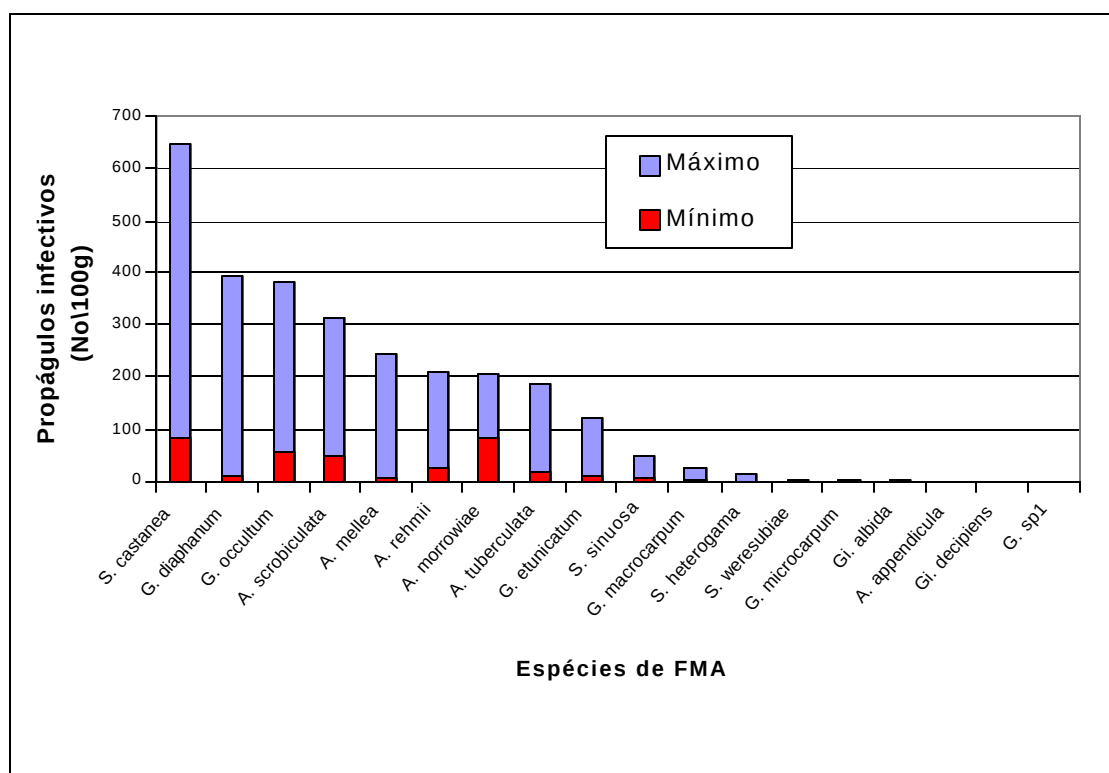


Figura – 8 B Amplitude de variação da densidade de propágulos infectivos de FMA (propágulos/100g) em solo sob leguminosas herbáceas perenes. “Ranking” das espécies de FMA



As amplitudes de variação e o “ranking” das espécies de FMA quanto ao NPI e densidade de esporos encontram-se nas figuras 8A e 8B. A sequência das espécies, em ordem decrescente, quanto à densidade de esporos é: *A. scrobiculata*; *A. morrowiae*; *G. etunicatum*; *G. occultum*; *G. macrocarpum*; *G. diaphanum*; *A. rehmi*; *A. mellea*; *S. weresubiae*; *S. heterogama*; *S. castanea*; *A. tuberculata*; *G. albida*; *A. appendicula*; *Sclerocystis sinuosa* e *G. microcarpum*. E quanto às densidades de propágulos infectivos é: *S. castanea*; *G. diaphanum*; *G. occultum*; *A. scrobiculata*; *A. mellea*; *A. rehmi*; *A. morrowiae*; *A. tuberculata*; *G. etunicatum*; *Sclerocystis sinuosa*; *G. macrocarpum*; *S. heterogama*; *S. weresubiae*; *G. microcarpum*; *G. albida*; *A. appendicula*; *G. decipiens* e *G. sp1*. A espécie que apresentou maior NPI foi *S. castanea*, porém foi a 11^a em número de esporos; *A. scrobiculata* foi a que apresentou maior número de esporos, mas foi a 4^a em densidade de propágulos. Estes dados

mostram que espécies de FMA apresentam tipos de propágulos diferentes e em proporções também diferentes.

5) Outros aspectos importantes a considerar no uso da metodologia do NMP por espécie de FMA

No experimento em questão, a utilização do método do NMP por espécie de FMA permitiu detectar uma possível competição entre as espécies. Este efeito de dominância foi observado pelo fato de algumas espécies de FMA esporularem muito em determinadas diluições diminuindo ou até mesmo inibindo a esporulação de outras espécies presentes. Estes detalhes não têm sido discutidos por autores que utilizaram esta metodologia. Esta situação foi constatada na maioria dos tratamentos para o material não diluído (diluição = 0): a espécie *S. heterogama* produziu grande número de esporos neste material em detrimento de outras espécies como as *Acaulosporas* e *Scutelospora castanea*. As espécies: *Acaulospora scobiculata*, *A. rehmi*, *A. morrowiae*, *A. tuberculata* e *S. castanea* estavam presentes em altas densidades, porém o material menos diluído continha poucos esporos destas espécies, mas nas diluições mais altas elas produziram esporos em abundância, por terem oportunidade de ocorrerem sem competição.

No tratamento com cobertura de siratro, a espécie *Glomus etunicatum* também se multiplicou muito produzindo grande número de esporos nas menores diluições, o que parece ter inibido algumas e reduzido a esporulação de outras espécies de FMA. Todavia, estes fatores foram considerados na obtenção do número de infectados para o cálculo da estimativa da densidade de cada espécie de FMA pela fórmula proposta por Sieverding (1991). Assim sendo, quando uma determinada espécie estava presente em todas as repetições (5) de uma diluição e não foi detectada em diluições mais concentrada (material menos diluído), mesmo assim, ela foi considerada como presente (+), pois se a espécie estava presente no material mais diluído em todas as repetições daquela diluição há grande probabilidade dela estar presente no material menos diluído. Porém,

não produziu esporos porque certamente não atingiu o requerimento necessário para esporulação. Morton (1996) verificou que cultivos sucessivos em um mesmo vaso revelam maior número de espécies do que um único cultivo.

6) Capacidade Infectiva e densidade populacional de FMA

Nesta metodologia foram analisadas 12 repetições por tratamento quanto a presença ou a ausência das espécies individuais de FMA detectadas no substrato dos potes armadilhas. As espécies de FMA foram classificadas quanto a velocidade de colonização em: Muito Rápida; Rápida; Moderada; Lenta e Muito Lenta, de acordo com o tempo gasto em exposição no inóculo para infectar as raízes da planta isca, sendo os tempos de exposição de: 7; 14; 21; 28 e 35 dias após semeadura, que correspondem, respectivamente, à cada classe de infectividade. Quanto a presença ou ausência das espécies de FMA nas 12 repetições analisadas por tratamento, a infectividade foi considerada como (+) quando a espécie estava presente em até 1/3 das repetições, (++) entre 1/3 e 2/3 das repetições e (+++) quando presente em mais de 2/3 das repetições. Estes dados foram avaliados juntamente com as densidades de esporos e de propágulos infectivos de FMA e estudadas as relações entre eles (tabelas 7 e 8) para melhor interpretação, uma vez que as densidades de propágulos podem estar relacionadas com a capacidade infectiva (Abbott & Robson, 1981b); Sieverding, 1991; Thonson et al., 1994).

A. rehmi, *A. mellea*, *A. scrobiculata*, *Glomus occultum*, *G. diaphanum*, *G. macrocarpum* e *G. etunicatum* infectaram as plantas de sorgo desde o primeiro período de exposição demonstrando altos potenciais de infecção. *S. weresubiae*, *Gigaspora albida* e *A. appendicula* e *G. sp1* apresentaram de modo geral infecção moderada a muito lenta (tabelas 9, 10, 11 e 12), sendo que, em alguns tratamentos, estas espécies, exceto *S. weresubiae*, não infectaram as raízes do sorgo até o período máximo de exposição estudado. Estas espécies foram classificadas como sendo de baixa capacidade infectiva e de baixa densidade de

propágulos infectivos no solo, revelados pelo NMP. Estas espécies foram detectadas quando a planta isca permaneceu por períodos mais longos no inóculo, 28 – 35 dias. Isto ocorreu provavelmente devido as suas baixas densidades de propágulos infectivos.

As espécies *G. decipiens* (muito baixo NPI); *Sclerocystis sinuosa* (baixo NPI), *S. castanea* (alto NPI) e *A. tuberculata* (médio a alto NPI) não foram recuperadas pela técnica da CI. *S. castanea* e *A. tuberculata*, apesar do elevado número de propágulos não foram detectadas por esta técnica. Estas duas espécies podem não ter infectado as raízes da planta armadilha até os 35 dias de exposição no inóculo, se infectaram, não produziram esporos no substrato, sendo classificadas como de capacidade infectiva muito lenta. Ao contrário destas, *S. heterogama* infectou logo na segunda semana de exposição apesar de estar em baixa densidade de propágulos no solo, revelando ter alta capacidade infectiva, pois mesmo em baixa densidade infectou rapidamente o sistema radicular do sorgo em exposição no solo inóculo.

Glomus microcarpum foi recuperado quando seus esporos encontravam-se agrupados, pois quando isolados, eles passam pela peneira de menor abertura sendo eliminados por terem diâmetros inferiores a 53µm. Algumas espécies de FMA como *G. sp1*, podem esporular dentro das raízes, tornando-se necessário a avaliá-las, quando se trabalha com a técnica da CI.

No experimento da CI, a utilização de 12 repetições por tratamento (3 de campo e 4 de casa-de-vegetação) mostrou que houve pequena variabilidade entre as repetições de casa-de-vegetação, podendo-se reduzir o número de repetições e, nas repetições de campo, houve maior variabilidade, necessitando, portanto, maior número. Entretanto, um problema metodológico que deve ser considerado é o transplântio das plantas de sorgo para o solo autoclavado. As plantas crescidas no solo inóculo por período superior a 4 semanas apresentaram-se bem desenvolvidas para serem transplantadas, o que dificultou o pegamento nos vasos com solo autoclavado. Além de perdas de plantas o impacto do transplântio pode levar à morte de parte do sistema radicular, o qual conteria as espécies de FMA

que infectaram até aquele período de exposição no inóculo. Sendo assim, torna-se necessário a seleção de uma espécie de planta isca que se adapte melhor às necessidades do ensaio.

Tabela 9 - Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes e formas de manejo do material vegetal (amendoim forrageiro).

<i>Arachis pinto</i>										
Espécies de FMA	Manejo A ¹					Manejo B ²				
	Infecção					Infecção				
	MR	R	M	L	ML	MR	R	M	L	ML
<i>A. appendicula</i>	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>A. mellea</i>	-	+++	+++	+++	+++	-	++	+++	+++	+++
<i>A. morrowiae</i>	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
<i>A. rehmi</i>	+	+	++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++
<i>A. scrobiculata</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>A. tuberculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. albida</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++
<i>G. decipiens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. diaphanum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	+++	+++
<i>G. etunicatum</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>G. macrocarpum</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>G. microcarpum</i>	+	+	++	++	+++	+	+	+	++	++
<i>G. occultum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++
<i>G. sp1</i>	-	-	++	++	++	-	-	+	+	++
<i>S. castanea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. heterogama</i>	-	+	++	+++	+++	-	++	+++	+++	+++
<i>S. weresubiae</i>	-	-	+	+	++	-	-	+	+	+
<i>S. sinuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Permanência da cobertura vegetal sobre a parcela, após o corte da parte aérea das plantas.

² Remoção da cobertura vegetal da parcela, após o corte da parte aérea das plantas.

MR = Infecção muito rápida(até 7 dias em exposição no inóculo)

R = Infecção rápida (até 14 dias em exposição no inóculo)

M = infecção moderada (até 21 dias em exposição no inóculo)

L = infecção lenta (até 28 dias em exposição no inóculo)

ML = infecção muito lenta (até 35 dias em exposição no inóculo)

(+) presença de esporos em até 1/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(++) presença de esporos entre 1/3 e 2/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(+++) presença de esporos entre 2/3 e 3/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(-) ausência de esporos.

Tabela 10 - Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes e formas de manejo do seu material vegetal (cudzu)

Espécies de FMA	<i>Pueraria phaseoloides</i>									
	Manejo A ¹					Manejo B ²				
	Infecção					Infecção				
	MR	R	M	L	ML	MR	R	M	L	ML
<i>A. appendicula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. mellea</i>	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>A. morrowiae</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	++	+
<i>A. rehmsii</i>	++	+++	+++	+++	+++	+	++	++	+++	+++
<i>A. scrobiculata</i>	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++
<i>A. tuberculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. albida</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
<i>G. decipiens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. diaphanum</i>	+	+++	++	+++	++	-	+	+	++	++
<i>G. etunicatum</i>	+	+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+++	+++
<i>G. macrocarpum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>G. microcarpum</i>	++	++	++	++	+	+	-	-	+	-
<i>G. occultum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	-	+	+	++	+++
<i>G. sp1</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. castanea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. heterogama</i>	-	+++	+++	+++	+++	-	+++	+++	+++	+++
<i>S. weresubiae</i>	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>S. sinuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Permanência da cobertura vegetal sobre a parcela, após o corte da parte aérea das plantas.

² Remoção da cobertura vegetal da parcela, após o corte da parte aérea das plantas.

MR = Infecção muito rápida(até 7 dias em exposição no inóculo)

R = Infecção rápida (até 14 dias em exposição no inóculo)

M = infecção moderada (até 21 dias em exposição no inóculo)

L = infecção lenta (até 28 dias em exposição no inóculo)

ML = infecção muito lenta (até 35 dias em exposição no inóculo)

(+) presença de esporos em até 1/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(++) presença de esporos entre 1/3 e 2/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(+++) presença de esporos entre 2/3 e 3/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(-) ausência de esporos

Tabela 11 - Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo cultivado com leguminosas herbáceas perenes e formas de manejo do seu material vegetal (siratro).

Espécies de FMA	<i>Macropitilium atropurpureum</i>									
	Manejo A ¹					Manejo B ²				
	Infecção					Infecção				
	MR	R	M	L	ML	MR	R	M	L	ML
<i>A. appendicula</i>	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>A. mellea</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>A. morrowiae</i>	-	-	++	++	+++	-	-	+	+	++
<i>A. rehmi</i>	++	++	++	+++	+++	+	+	+	++	++
<i>A. scrobiculata</i>	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++	+++	+++
<i>A. tuberculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. albida</i>	-	-	-	++	++	-	-	-	+	+
<i>G. decipiens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. diaphanum</i>	+	+	++	++	+++	-	-	++	+++	+++
<i>G. etunicatum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>G. macrocarpum</i>	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
<i>G. microcarpum</i>	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+
<i>G. occultum</i>	+	+	++	+++	+++	-	-	++	+++	+++
<i>G. sp1</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	++
<i>S. castanea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. heterogama</i>	-	+++	+++	+++	+++	-	+++	+++	+++	+++
<i>S. weresubiae</i>	-	-	-	+	++	-	-	+	++	++
<i>S. sinuosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Permanência da cobertura vegetal sobre a parcela, após o corte da parte aérea das plantas.

² Remoção da cobertura vegetal da parcela, após o corte da parte aérea das plantas.

MR = Infecção muito rápida(até 7 dias em exposição no inóculo)

R = Infecção rápida (até 14 dias em exposição no inóculo)

M = infecção moderada (até 21 dias em exposição no inóculo)

L = infecção lenta (até 28 dias em exposição no inóculo)

ML = infecção muito lenta (até 35 dias em exposição no inóculo)

(+) presença de esporos em até 1/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(++) presença de esporos entre 1/3 e 2/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(+++) presença de esporos entre 2/3 e 3/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(-) ausência de esporos.

Tabela 12 - Capacidade Infectiva de fungos micorrízicos arbusculares nativos de solo com vegetação espontânea mantida capinada (tratamento controle).

Espécies de FMA	Controle		Manejo C ¹		
	MR	R	Infecção		
			M	L	ML
<i>Acaulospora appendicula</i>	-	-	-	+	+
<i>A. mellea</i>	++	+++	+++	+++	+++
<i>A. morrowiae</i>	-	-	++	++	+++
<i>A. rehmsii</i>	++	++	++	+++	+++
<i>A. scrobiculata</i>	+++	+++	+++	+++	+++
<i>A. tuberculata</i>	-	-	-	-	-
<i>Gigaspora albida</i>	-	-	-	++	++
<i>G. decipiens</i>	-	-	-	-	-
<i>Glomus diaphanum</i>	+	+	++	++	+++
<i>G. etunicatum</i>	+++	+++	+++	+++	+++
<i>G. macrocarpum</i>	+++	+++	+++	+++	+++
<i>G. microcarpum</i>	-	-	+	+	+
<i>G. occultum</i>	+	+	++	+++	+++
<i>G. sp1</i>	-	-	+	+	+
<i>Scutellospora castanea</i>	-	-	-	-	-
<i>S. heterogama</i>	-	+++	+++	+++	+++
<i>S. weresubiae</i>	-	-	-	+	++
<i>Sclerocystis sinuosa</i>	-	-	-	-	-

¹ Capina e remoção da cobertura vegetal da parcela.

MR = Infecção muito rápida(até 7 dias em exposição no inóculo)

R = Infecção rápida (até 14 dias em exposição no inóculo)

M = infecção moderada (até 21 dias em exposição no inóculo)

L = infecção lenta (até 28 dias em exposição no inóculo)

ML = infecção muito lenta (até 35 dias em exposição no inóculo)

(+) presença de esporos em até 1/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(++) presença de esporos entre 1/3 e 2/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(+++) presença de esporos entre 2/3 e 3/3 das amostras avaliadas (12 repetições)

(-) ausência de esporos.

De modo geral, detectou-se que a manutenção dos resíduos vegetais promoveu aumento no número de propágulos infectivos de FMA, quando comparado com o tratamento remoção dos resíduos, independentemente da espécie de leguminosa e, entre as leguminosas não houve diferença significativa na estimativa do NMP pelos esporos. Entretanto, na avaliação do número de esporos pela contagem direta nas amostras de solo do campo e do NMP baseado na colonização radicular, *A. pintoi* proporcionou maior NMP no solo do que *M.*

atropurpureum. Ao se avaliar o NMP por espécie de FMA observou-se comportamento diferenciado para cada uma das espécies. A técnica da CI recuperou 14 espécies de FMA, a contagem direta dos esporos 16, enquanto que pelo NMP detectou-se 18 espécies, mostrando ser o último método mais sensível para a recuperação de FMA. Isto deve-se, provavelmente, ao fato das plantas ficarem por mais tempo em contato com o solo inóculo (até a senescência).

As espécies abundantes infectaram a planta hospedeira independente do tipo de manejo e da cobertura vegetal (exceto para *S. castanea*) e as espécies “raras” (com baixo NPI) promoveram baixa ou muito baixa infecção, exceção de *S. heterogama*. Assim sendo, a capacidade infectiva pode estar relacionada com a densidade de propágulos infectivos e de esporos, de modo geral, para a maioria das espécies de FMA. Entretanto, para algumas espécies de FMA em particular, como por exemplo *S. castanea* e *A. tuberculata*, esta característica não se relacionou com os parâmetros de densidade de propágulos e esporos no solo.

As densidades populacionais de FMA indígenas no solo sob as leguminosas foram, de modo geral, altos, quando comparados com os obtidos por Alvarenga et al. (1995), que encontraram densidades de esporos na faixa de 3 a 24 esporos/100cm³ de solo, respectivamente, em cerrado nativo e culturas anuais. Quando comparado aos dados de Siqueira et al. (1989) em solos de cerrado (média de 25 esporos/50cm³ de solo no Distrito Federal e 46 esporos/50cm³ de solo em solos de MG). Porém, encontra-se em concordância com os resultados de Souza (1996) e Espíndola et al. (1998), haja vista que nestes trabalhos as variações nas densidades de propágulos foram na faixa de 29 a 1300 propágulos por 100g de solo seco, em solos da série Itaguaí/RJ.

7) Fitomassa seca de parte aérea de leguminosas e teores de nutrientes (N, P e K).

Com relação à produção de massa seca (tabelas 10 e 11), o amendoim forrageiro apresentou maior valor para a parte aérea do que cudzu e siratro, sendo

que o manejo A proporcionou maior produção de massa seca que o manejo B no 4^o corte (aproximadamente aos 22 meses após a instalação do experimento).

A menor produção de massa seca na parte aérea de cudzu e siratro em relação ao amendoim pode ser entendida, em parte, pela maior queda de folhas nestas duas leguminosas, durante o seu ciclo, anteriormente ao corte para quantificação da fitomassa e, em parte, pelas características intrínsecas de cada espécie vegetal.

A avaliação dos teores de nutrientes (N, P e K) contidos na parte aérea das leguminosas, no 4^o e 5^o cortes, revelou não haver diferenças estatística entre as leguminosas. Para o fator manejo do resíduo de parte aérea após cada corte, somente o teor de K (g/kg), no 5^o corte, apresentou diferenças significativas, sendo maior no manejo A. Com relação aos teores totais acumulados destes nutrientes, o N (kg/ha) foi maior em amendoim que em cudzu que foi maior do que em siratro no 4^o corte. No 5^o corte, amendoim apresentou maior acumulação total de N do que as demais leguminosas. O manejo A proporcionou maior acumulação de N na fitomassa seca de parte aérea do que o manejo B, no 4^o e 5^o cortes.

Para o P acumulado no 4^o e 5^o cortes, houve interação (planta X manejo) significativa, sendo que, diferenças entre manejos só foi detectada dentro de amendoim, com o manejo A superando o B. No 4^o corte, dentro do manejo A, amendoim apresentou maior acumulação de P do que cudzu que por sua vez acumulou mais P que siratro. Dentro do manejo B, amendoim superou cudzu e siratro e estes dois não diferiram entre si em relação a acumulação desse nutriente na fitomassa aérea. No 5^o corte, dentro de manejo, somente no A detectaram-se diferenças entre as leguminosas, sendo o amendoim superior as demais, as quais foram iguais entre si. Dentro do fator espécie vegetal, somente amendoim diferiu quanto aos tipos de manejo, apresentando maior acumulação de P no manejo A, o que pode indicar que a efetividade da população associada a ele seja maior.

A interação planta x manejo foi significativa para os teores de K acumulado na fitomassa seca de parte aérea no 5º corte. Dentro das leguminosas, somente em amendoim foi detectado diferença significativa nos 2 cortes, sendo o manejo A melhor que o B. No 4º corte cudzu acumulou mais K no manejo A que no B. Dentro do manejo A, amendoim foi melhor que cudzu, que não diferiu estatisticamente de siratro, nos dois cortes estudados. Dentro do manejo B, amendoim diferiu apenas do siratro no 4º corte e no 5º corte não houve diferença significativa entre as três leguminosas quanto a acumulação total de K na parte aérea.

As diferenças quanto aos teores de nutrientes N, P e K acumulados podem ser entendidas pelo fato de amendoim produzir maior quantidade de fitomassa seca de parte aérea que as demais espécies, uma vez que os teores de nutrientes no tecido vegetal não diferiram expressivamente entre as leguminosas. Efeito similar ocorreu com relação aos manejos, com exceção para o teor de K, que foi maior no manejo A, no 5º corte, o que indica uma redução na absorção induzida pela remoção do material vegetal da parcela após o corte, podendo levar à deficiência deste nutriente com o transcorrer do tempo no manejo B.

Os resultados obtidos (tabelas 10 e 11) demonstram os benefícios do uso de leguminosas como coberturas de solo em relação ao aporte de N e reciclagem de P e K no solo, bem como sobre o potencial de inóculo dos FMA indígenas, em oposição ao efeito deletério da retirada do material vegetal após o corte da parte aérea das leguminosas sobre estes fungos, uma vez que as densidades de propágulos infectivos de FMA e densidades de esporos correlacionaram positiva e significativamente com a produção de fitomassa e acumulação de N, P e K na fitomassa. Estes resultados estão em concordância com os de Souza (1996) e Espíndola et al. (1998).

Assim sendo, o conhecimento entre as associações entre leguminosas, principalmente as micotróficas, e os FMA, bem como o manejo desta associação visando manter ou aumentar a oferta de propágulos destes fungos no solo, permitirá melhor utilização dos processos biológicos do solo que poderá

contribuir para maior independência do uso de insumos industrializados nas diversas culturas.

Tabela 13 - Matéria seca e teores de nutrientes (N, P e K) no material vegetal de corte de parte aérea das leguminosas por ocasião do 4º e 5º cortes.

4º Corte

Espécie Vegetal	Mat. Seca (Kg)			Teor (g/Kg)								
				N			P			K		
	MANEJO						MANEJO					
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	8.09	6.39	7.2 A	28.06	28.53	28.30 A	1.86	1.89	1.9 A	5.50	5.08	5.3 A
Cudzu	4.26	3.32	3.8 B	31.08	29.74	30.41 A	2.07	2.33	2.2 A	7.83	6.92	7.4 A
Siratro	2.72	2.93	1.9 B	30.26	30.31	30.28 A	2.04	2.15	2.1 A	12.00	9.92	11.0 A
<i>Média</i>	5 a	4.3 b		30 a	29 a		2.0 a	2.1 a		8.4 a	7.3 a	

Espécie Vegetal	Acumulação total (Kg/há)								
	N			P			K		
	MANEJO			MANEJO					
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	227.05	182.35	205.0 A	14.90 Aa	12.09 Ab	13.5	43.45 Aa	32.55 Ab	38.0
Cudzu	132.13	98.64	115.4 B	8.88 Bb	7.64 Ba	8.3	33.20 Ba	22.93 ABb	28.1
Siratro	81.46	88.14	85.0 C	5.42 Ca	6.26 Ba	5.8	28.58 Ba	27.74 Ba	28.2
<i>Média</i>	147 a	123 b		10	8.5		35.1	27.7	

5º Corte

Espécie Vegetal	Mat. Seca (Kg)			Teor (g/Kg)								
				N			P			K		
	MANEJO						MANEJO					
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	8.85	5.70	7.3 A	27.46	26.64	54.10 A	1.96	1.84	1.9 A	8.42	6.92	7.70 A
Cudzu	4.68	4.28	4.5 B	27.36	26.42	53.78 A	1.79	2.04	1.9 A	6.00	5.92	5.92 A
Siratro	3.26	3.21	3.2 B	31.67	29.43	61.10 A	2.13	2.05	2.1 A	9.04	7.05	8.04 A
<i>Média</i>	5.6 a	4.4 a		28.8 a	27.5 a		1.96 a	1.98 a		7.8 a	6.7 b	

Espécie Vegetal	Acumulação total (Kg/há)								
	N			P			K		
	MANEJO			MANEJO					
	A	B	Média	A	B	Média	A	B	Média
Amendoim	242.41	151.65	197.0 A	17.24 Aa	10.44 Ab	13.9	75.93 Aa	40.64 Ab	58.3
Cudzu	127.65	111.78	119.7 B	8.21 Ba	8.76 Aa	8.5	28.01 Ba	25.15 Aa	26.6
Siratro	103.64	93.81	98.7 B	6.99 Ba	6.54 Aa	6.8	29.74 Ba	22.21 Aa	26.0
<i>Média</i>	145.9 a	119.1 a		10.18	8.58		44.56	29.33	

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúsculas na coluna) para espécies de plantas e letras minúsculas para formas de manejo do material vegetal (na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

8) Diversidade de espécies de FMA

Os índices de diversidade estudados revelaram resultados diferentes (tabelas 12 e 13) quanto às variáveis densidade de propágulos infectivos recuperados pelo bioensaio do NMP e o número de esporos obtidos pela contagem direta nas amostras de solo do campo, mostrando que estas variáveis se comportaram de forma diferenciada em relação a diversidade. Observando os dados das tabelas 12 e 13, verifica-se que o componente da diversidade que mais sofreu influência dos cultivos e manejo das espécies de plantas hospedeiras foi a equitabilidade (Pielou) ou uniformidade dos indivíduos nas espécies de FMA. O componente riqueza da diversidade foi pouco afetado pelo tipo de hospedeiro e manejo do material vegetal, apesar das diferenças no número de espécies no manejo A entre amendoim e siratro (17) em relação ao número de espécies revelado pela extração de esporos (16).

Analisando a variável nº de esporos, observa-se que para os três índices estudados houve interação (planta x manejo) significativa. As três espécies de plantas não proporcionaram diferenças nos índices de diversidade calculados dentro do manejo manutenção do material vegetal na parcela, porém, com a remoção do material vegetal, amendoim e cudzu proporcionaram índices de Shannon iguais e maiores do que siratro. Amendoim proporcionou maior índice de dominância de Simpson do que cudzu e siratro. Em relação a equitabilidade de Pielou o amendoim diferiu apenas de siratro que por sua vez foi estatisticamente igual ao cudzu dentro do manejo remoção do material vegetal (tabela 14).

Tabela 14 – Índices de diversidade (Shannon, Pielou e de Simpson) calculado com os dados de densidade de esporos; de FMA indígenas de solo sob leguminosas herbáceas perenes manejadas através da remoção (manejo B) ou manutenção (manejo A) do material vegetal de corte de parte aérea, sobre as parcelas.

Nº de Esporos	Planta	Manejo			Média
		A	B	C	
ÍNDICE DE SHANNON	Amendoim	1.021 Aa	1.015 Aa		1.0181
	Cudzu	0.932 Aa	0.932 ABa		0.9321
	Siratro	0.955 Aa	0.824 Bb		0.8899
	<i>Média</i>	0.9693	0.9241		
	Controle			0.922	
Nº de Esporos	Planta	Manejo			Média
		A	B	C	
ÍNDICE DE PIELOU	Amendoim	0.8614 Aa	0.8781 Aa		.8697
	Cudzu	0.8064 Aa	0.8068 ABa		0.8060
	Siratro	0.8053 Aa	0.7196 Bb		0.7624
	<i>Média</i>	0.8244	0.8015		
	Controle			0.7831	
Nº de Esporos	Planta	Manejo			Média
		A	B	C	
ÍNDICE DE SIMPSON	Amendoim	0.1114 Aa	0.1202 Ba		0.1147
	Cudzu	0.1629 Aa	0.1636 Ba		0.1629
	Siratro	0.1795 Ab	0.2074 Aa		0.1795
	<i>Média</i>	0.141	0.1637		
	Controle			0.1711	

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúscula nas colunas, comparam entre plantas) e minúsculas (nas linhas, comparam manejos) não diferem entre si significativamente pelo teste de Tukey com ($p < 0,05$).

Estudando a influência do manejo dentro das espécies hospedeiras, somente o siratro proporcionou diferenças significativas entre as formas de manejo, sendo que, a manutenção do material vegetal em cobertura após cada corte de parte aérea proporcionou maior diversidade, uniformidade e, conseqüentemente, menor dominância de espécies de FMA indígenas do solo.

No cálculo dos índices de diversidade pela variável NMP, os resultados da tabela 15 mostram que não houve interação (planta x manejo) significativa. Também não foi detectada diferença significativa entre as formas de manejo do material vegetal para os três índices calculados. Quanto as espécies vegetais, amendoim proporcionou menor índice de diversidade de Shannon e de equitabilidade de Pielou e maior índice de dominância de Simpson do que cudzu e siratro, os quais não diferiram entre si para os três índices, quanto à variável densidade de propágulos infectivos.

Neste estudo, devemos considerar o gradiente vertical para a biodiversidade em função da localização do sistema radicular das plantas estudadas, sendo que, a amostragem para fins da avaliação da população de FMA foi feita na faixa de 0 a 0,20 m de profundidade. Nesta faixa o amendoim concentra maior parte do seu sistema radicular, além de haver dreno de fotossintatos para as raízes do amendoim que pode ter favorecido a superposição de nichos nesta região, proporcionando maior densidade de propágulos, menores índices de diversidade e maior índice de dominância de Pielou. As outras leguminosas possuem sistema radicular mais profundo e distribuído no solo, portanto devem apresentar maior distribuição de nichos.

Os resultados diferentes obtidos com as variáveis nº de esporos e NMP e, às vezes contraditórios, entre as variáveis, ocorram, possivelmente, porque o nº de esporos avaliado pelo método direto de contagem via peneiramento úmido com separação por centrifugação em solução de sacarose e o bioensaio do NMP dão informações úteis, mas diferentes (Porter, 1979; An et al, 1990; Colozzi-Filho & Balota, 1994). O método da contagem direta recupera apenas esporos enquanto que o NMP considera também fragmentos de hifas e raízes colonizadas, tornando difícil a comparação das duas técnicas (Colozzi-Filho & Balota, 1994).

Os dados mostraram também que estas duas variáveis apresentam amplitude de variação diferentes, sendo que, a amplitude do NPI foi superior à da variável densidade de esporos, isto demonstra que a variável nº de esporos apresenta maior estabilidade que o número de propágulos infectivos. Contudo, a densidade de propágulos infectivos determinada pela estimativa do NMP fornece valores mais reais da densidade de propágulos destes simbiossiontes do que a contagem direta dos esporos no solo (Porter, 1979; An et al., 1990; Vilariño & Arines, 1991; Liu & Luo, 1994; Requena, et al., 1996). Portanto, a avaliação da diversidade populacional destes fungos quanto a sua densidade de propágulos no solo poderá ser mais eficientemente determinada pela variável NMP do que somente pela contagem direta dos esporos.

Assim, a interpretação dos resultados de diversidade poderá ser mais consistente quando se trabalha com os dados de NMP do que com esporos. Neste contexto, o fato de amendoim ter proporcionado baixo índice de diversidade de Shannon pode ser atribuído ao efeito diferenciado que esta espécie proporciona no NMP de determinados FMA em relação a outros, o que pode ser interessante num programa de manejo, onde possivelmente amendoim estaria selecionando espécies mais eficientes de FMA, uma vez que esta planta produziu maior fitomassa e maiores quantidades de nutrientes (N e P) acumulados, do que cudzu e siratro, e maior acumulação de K do que siratro. Porém, a continuidade deste estudo é fundamental, pois verifica-se a necessidade de se avaliar a efetividade das espécies individuais de FMA e/ou populações encontradas nos diferentes manejos e cultivos.

Tabela 15 – Índices de diversidade (Shannon, Pielou e de Simpson) calculado com os dados de NMP de densidade Propágulos infectivos de FMA indígenas de solo sob leguminosas herbáceas perenes, manejadas através da remoção (manejo B) ou manutenção (manejo A) do material vegetal de corte de parte aérea, sobre as parcelas, e capina com remoção (manejo C).

NMP	Planta	Manejo			Média
		A	B	C	
ÍNDICE DE SHANNON	Amendoim	0.7922	0.8448		0.8185 B
	Cudzu	0.9359	0.8897		0.9128 A
	Siratro	0.9111	0.8833		0.8972 A
	<i>Média</i>	0.9798 a	0.8726 a		
	Controle			0.7782	
NMP	Planta	Manejo			Média
		A	B	C	
ÍNDICE DE PIELOU	Amendoim	0.6579	0.7070		0.682 B
	Cudzu	0.7773	0.7389		0.758 A
	Siratro	0.7567	0.7336		0.745 A
	<i>Média</i>	0.7310 a	0.726 a		
	Controle			0.6463	
NMP	Planta	Manejo			Média
		A	B	C	
ÍNDICE DE SIMPSON	Amendoim	0.2414	0.1737		0.2076 A
	Cudzu	0.1473	0.1775		0.1624 B
	Siratro	0.1622	0.1684		0.1653 B
	<i>Média</i>	0.1836 a	0.1732 a		
	Controle			0.2287	

Obs: valores seguidos de mesma letra (maiúscula nas colunas comparam entre plantas) e minúsculas (nas linhas, comparam manejos) não diferem entre si significativamente pelo teste de Tukey com ($p < 0,05$).

Na comparação entre as formas de manejo, a manutenção do material vegetal sobre a parcela proporcionou valores maiores de diversidade para os índices de diversidade de Shannon e de equitabilidade de Pielou, não diferindo significativamente. O tratamento controle foi superada pelas leguminosas em todos os parâmetros avaliados, porém não foi incluída na análise estatística porque não estava no esquema de parcelas subdivididas.

Apesar de não ter sido detectada diferenças significativas entre as formas de manejo do material vegetal sobre as parcelas manutenção (A) ou remoção (B) quanto aos índices de diversidade, há de se esperar que, em decorrência do tempo, as diferenças encontradas possam aumentar entre as práticas de manejo, considerando que o manejo A contribui para maior aporte de nutrientes e melhor cobertura da sua superfície do solo, diminuindo a perda de umidade, atenuando variações de temperatura, e maior aporte de matéria orgânica para a biota do solo. Os índices calculados pela variável NPI não foram sensíveis para detectar diferenças entre os manejos, visto que a análise de esporos e NPI foram sensíveis, entretanto, os índices detectaram diferenças entre as plantas, e os índices calculados pela variável esporos detectaram diferenças entre manejos e cultivos.

Alterações na riqueza de espécies e equitabilidade entre hospedeiros em função do cultivo e do hospedeiro quanto ao NMP de propágulos infectivos de FMA foram detectadas por Hendrix et al., (1995). O sistema de cultivo contínuo com soja proporcionou baixo NMP e índices de diversidade de Shannon e Pielou quando comparado com parcelas em rotação de culturas como milho, *Festuca arundinata* e tabaco. Esses mesmos autores observaram mudanças nestas variáveis em diferentes estações do ano, onde espécies dominantes decresceram e a diversidade aumentou na estação mais quente. As plantas hospedeiras também exerceram efeitos sobre os índices, com o tabaco proporcionando menores índices de diversidade, acompanhado de menores densidades de propágulos infectivos (Adelman & Morton, 1986). Estes resultados são suportados também por Barbour et al. (1987) e Black & Tinker (1979). De acordo com Hendrix et al.

(1995), o sorgo favoreceu espécies de FMA como *Glomus macrocarpum*, enquanto *Festuca* favoreceu *G. constrictum*, *G. maculosum*, *G. mosseae* e *Gigaspora albida*. Alvarenga et al. (1995) encontraram menor diversidade de Shannon em floresta de eucalipto com 15 anos, quando comparado com floresta de 1 ano. Os autores ressaltam que as relações entre os FMA e as plantas hospedeiras no campo, são ainda pouco exploradas.

As relações existentes entre os índices de diversidade e os outros parâmetros estudados encontram-se na tabela 16. Não foram encontradas correlações significativas entre o índice de Shannon e de Pielou, considerando a variável NMP total, e a densidade de propágulos infectivos (NMP pela colonização radicular e NMP avaliado pela produção de esporos durante o bioensaio), correlacionando negativamente com a produção de fitomassa seca e teores acumulados (em Kg/ha) de N, P e K na parte aérea das leguminosas. Houve correlação positiva com os teores de N, P e K nos tecidos (g/kg). Para a variável número de esporos, para as correlações entre o índice de Shannon e as outras variáveis, ocorreu exatamente o oposto, sendo que, onde as correlações significativas foram positivas para a variável NMP, foram significativas e negativas para o nº de esporos.

O índice de Simpson se comportou de forma contrária aos de Shannon e Pielou, mas por ser um índice de dominância, isso era esperado. As variáveis NMP e número de esporos, no geral, correlacionaram positivamente e significativamente entre si. Entretanto, quando as correlações dessas variáveis foram estudadas por espécie individual de FMA, observa-se na tabela 17, que houve alto grau de correlação entre NMP e esporos para algumas espécies, sendo que para algumas espécies não houve correlação, mostrando que as espécies de FMA produzem esporos e propágulos infectivos de forma diferenciada.

Tabela 16– Relações entre Índices de diversidade, produção de fitomassa aérea, teores de nutrientes (N, P e K) no tecido e teores acumulados, densidade de propágulos infectivos (NMP) e de esporos de FMA indígenas de solo sob leguminosas herbáceas perenes.

VARIÁVEIS	Shannon (NMP)	Shannon (esporos)	Pielou (NMP)	Pielou (esporos)	Simpson (NMP)	Simpson (esporos)	Número E esporos	NMPtotal (esporos)	NMP Colonização
Número de Esporos		0,445ns		0,487ns		-0,516*			
NMPtotal (esporos)	-0,194ns		-0,193ns		0,355ns		0,858**		
NMP colonização radicular	-0,205ns	0,636**	-0,208ns	0,611*	0,365ns	-0,696**	0,906**	0,963**	
Mat. Seca (t/ha)	-0,839**	0,766**	-0,830**	0,774**	0,765**	-0,833**	0,716*	0,860**	0,803**
N (g/kg)	0,955**	-0,711*	0,944**	-0,706*	-0,83**	0,770**	-0,22ns	-0,574*	-0,417ns
P (g/kg)	0,594*	-0,672*	0,578*	-0,638*	-0,457ns	0,730*	-0,549ns	-0,696*	-0,624*
K(g/kg)	0,631*	-0,597*	0,614*	-0,693*	-0,509ns	0,622*	-0,572*	-0,531ns	-0,538ns
N total acumulado (kg/ha)	-0,808**	0,761**	-0,799**	0,773**	0,737*	-0,826**	0,751*	0,867**	0,823**
P total acumulado (kg/ha)	-0,819**	0,75*	-0,811**	0,770**	0,753*	-0,812**	0,735*	0,847**	0,805**
K total acumulado (kg/ha)	-0,662*	0,599*	-0,668*	0,549ns	0,692*	-0,682*	0,819**	0,939**	0,906**

* significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste “t” de “student”.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste “t” de “Student”.

(ns) não significativo.

Tabela 17 - Correlações entre Número de esporos e NMP de FMA nativos de solo coberto com leguminosas herbáceas perenes.

<i>Acaulospora appendicula</i>	<i>A. mellea</i>	<i>A. morrowiae</i>	<i>A. rehmi</i>	<i>A. scrobiculata</i>	<i>A. tuberculata</i>	<i>Glomus diafanum.</i>	<i>G. etunicatum</i>	<i>G. macrocarpum</i>
0,334 ns	0,835 **	0,653 **	-0,450 ns	-0,256 ns	0,844 **	0,890 **	-0,198 ns	0,639 **
<i>G. microcarpum</i>	<i>G. occultum</i>	<i>Scutellospora castanea</i>	<i>S. heterogama</i>	<i>S. weresubiae</i>	<i>Gigaspora albida</i>	<i>Sclerocystis sinuosa</i>	TOTAIS	
0,638 **	0,900 **	0,923 **	0,808 **	0,910 **	-0,098 ns	-0,075 ns	0,858 **	

** significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste “t” de “Student”.

(ns) não significativo.

O cultivo e o manejo das plantas influenciaram somente o componente da equitabilidade ou uniformidade dos indivíduos nas espécies de FMA, de modo que os tratamentos proporcionaram aumento nas freqüências de algumas espécies de FMA, sem interferir na riqueza das espécies. Esses parâmetros de medida de densidade populacional também correlacionaram positivamente com os teores de nutrientes (N, P e K) acumulados nos tecidos vegetais e produção de fitomassa aérea, tornando-se importante enfatizar que as plantas além de promoverem aumentos na densidade de propágulos infectivos, podem também alterar a distribuição das freqüências das espécies de FMA. O conhecimento das relações entre estes parâmetros poderá permitir que tais alterações sejam direcionadas para a obtenção de espécies de FMA mais efetivas.

Os dados avaliados poderão permitir a avaliação do nível de degradação do ecossistema, pois, com a constante remoção de material vegetal das parcelas (manejo B) a exportação de nutrientes é grande e seria interessante determinar até que ponto (qual o número de cortes) o sistema suportaria, a partir do qual seria necessário a reposição de nutrientes por algum tipo de adubação. Neste contexto, vários indicadores poderiam ser utilizados para medir tais alterações, dentre eles, os nutricionais e de biodiversidade, notadamente a população de FMA em seus aspectos quantitativos e qualitativos, que podem estar relacionados com a estabilidade dos agroecossistemas. As diferentes espécies de plantas e os tipos de manejos utilizados alteraram a população FMA quanto à densidade de propágulos e diversidade de espécies, sendo que, tais alterações, provavelmente, estão relacionadas com a conservação e manutenção da estabilidade do ecossistema, que por sua vez está relacionado com a qualidade de vida do planeta.

VI – CONCLUSÕES

- (1) A manutenção do material vegetal de parte aérea das leguminosas sobre as parcelas proporciona aumento da população de FMA indígena no solo, quando comparado com a remoção do material vegetal, independentemente da espécie de leguminosa.
- (2) As variáveis densidade de esporos, determinada através da contagem direta dos esporos nas amostras do campo, e a densidade de propágulos infectivos de FMA indígenas do solo, determinada pela técnica do NMP por espécies individuais de FMA baseada na identificação dos esporos gerados nas diluições do NMP ou pelo NMP determinado através colonização radicular podem ser utilizadas para quantificar as populações FMA.
- (3) O NMP baseado na identificação de esporos nas diluições (NMP por espécie de FMA) revelou maiores densidades de propágulos infectivos de FMA que as demais metodologias avaliadas. Portanto, pode ser considerado o método mais eficiente na determinação da população FMA em termos qualitativos e quantitativos. Apesar da extração e contagem direta dos

esporos e o NMP pela colonização radicular correlacionarem com o NMP por espécie, esses métodos subestimaram a população FMA do solo. A metodologia do NMP por espécie de FMA mostrou-se maior sensibilidade do que a extração e identificação direta de esporos nas amostras do campo e a técnica da capacidade infectiva que, recuperaram, respectivamente, 18, 16 e 14 espécies de FMA.

- (4) A manutenção do material vegetal de parte aérea das leguminosas sobre as parcelas promoveu maiores teores de nutrientes no tecido vegetal na parte aérea das leguminosas em relação à remoção do material vegetal, independentemente da espécie de leguminosa, associados a maiores densidades populacionais de FMA indígenas do solo.
- (5) Os parâmetros de densidades populacionais de FMA correlacionaram positivamente com os teores de nutrientes acumulados e a produção de fitomassa seca de parte aérea das plantas.
- (6) *Arachis* apresentou maior produção de matéria seca de parte aérea e maior acúmulo de N que as demais leguminosas.
- (7) Em *Arachis*, a manutenção do material vegetal de parte aérea das leguminosas sobre as parcelas o manejo A promoveu maior teor de matéria seca de parte aérea, acúmulo de N, P e K na fitomassa vegetal que a remoção do material vegetal.
- (8) Espécies de FMA estudadas produzem esporos e propágulos em proporções diferentes, sendo que o número de propágulos infectivos apresenta maior amplitude de variação que o número de esporos.

- (9) As espécies de FMA que apresentaram maiores densidades de propágulos infectivos não apresentaram maiores densidades de esporos no solo.
- (10) Na análise feita por gênero de FMA, *Acaulospora* mostrou estabilidade em relação as espécies vegetais e manejos empregados, quando comparado aos outros gêneros de FMA.
- (11) As leguminosas e os manejos não afetaram a riqueza de espécies de FMA, mas influenciaram a equitabilidade, quando avaliada a diversidade pela densidade de esporos ou pela densidade de propágulos infectivos.
- (12) A capacidade infectiva mostrou ser uma característica intrínseca das espécies de FMA avaliadas. Espécies que apresentam altas densidades de propágulos podem ter velocidade de infecção baixa.

VII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A. D. Growth Stimulation of Subterranean Clover With Vesicular-arbuscular mycorrhizas. Aust. J. Agric. Res., Australia, Nedlands v.28, p. 639-649, 1977.
- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Infectivity and Effectiveness of five Endomycorrhizal Fungi: Competition with Indigenous Fungi in Field Soils. Aust. J. Agric. Res., Australia, Nedlands, v. 32, p. 621-630, 1981a.
- ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Infectivity and Effectiveness of Vesicular Arbuscularfive Mycorrhizal Fungi: Effect of Inoculum Type. Aust. J. Agric. Res., Australia, Nedlands, v. 32, p. 631-639, 1981b.
- ADELMAN, M. J. & MORTON, J. B., Variation in MPNs with Interactions between Native VAM Fungi, Host, and Soils. In: Proceedings of the 6th North American Conference on Mycorrhizae. V.305, p.25-29, June, 1984. Bend, Oregon, USA, 1985.
- ADELMAN, M. J.& MORTON, J.B. Infectivity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi: influence of host-soil diluent combinations on NMP

- estimates and percentage colonization. *Soil Biol. Biochem.*, Great Britain, vol. 18, No 1, p.77-83, 1986.
- ALEXANDER, I.; AHMAD, N. & SEE, L.S. The role of mycorrhizas in the regeneration of some Malaysian forest trees. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, 335:370-388, 1992.
- ALLEN, M.F. & ALLLEN, E.B. Development of mycorrhizal patches in a successional arid ecosystem. In: READ, D.J.; LEWIS, D.H.; FITTER, A.H. ALEXANDER, I.J. *Mycorrhizal in ecosystem*. Cambridge, CAB International, p. 164-170, 1992.
- ALLEN, M.F. The ecology of arbuscular mycorrhizas: a look back into the 20th century and a peek into the 21st. *Mycological Research*, Cambridge, v.100, n.7, p.769-782, July 1996.
- ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; PEREIRA, M.A. & OLIVEIRA, C.L.S. Ocorrência e diversidade de fungos Glomales em ecossistemas de cerrado. XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Resumos expandidos, Viçosa-MG. SBCS, UFV, 1995.
- 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, v.95, p.381-396, 1983.
- AN, Z.Q.; HENDRIX, J.W.; HERSHMAN, D.E. & HENSON, G.T. Evaluation of the "Most Probable Number"(MPN) and wet-sieving methods for determining soil-borne populations of endogonaceous mycorrhizal fungi. *Mycologia*, New York, v.82, nº 5, p.576-581, 1990.
- ANN, B. J.; HENDRIX, J. W. & FERRISS, R. S. Relationship of mycorrhizal activity to time following reclamation of surface mine land in western Kentucky. I: Propagules e spore population densities. *Can. J. Bot.*, Ottawa, 74: 247-261, 1996.

- BAGYARAJ, D.J. Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. In: POWEL, C.L.; Bagyaraj, D.J., eds. VA mycorrhiza. Boca Raton: CRC Press, p.131-153, 1984.
- BALOTA, E. L. & LOPES, E. S. Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares no cafeeiro em condições de campo: I Persistência e interação com espécies nativas. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 20: 217-223, 1996a.
- BALOTA, E. L. & LOPES, E. S. Introdução de Fungos Micorrízicos Arbusculares no cafeeiro em condições de campo: II Flutuação sazonal de raízes, de colonização e de Fungos Micorrízicos associados. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, 20: 225-232, 1996b.
- BALTRUSCHAT, H. & DEHNE, H. W. The occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhiza in agro-systems. I. Influence of nitrogen fertilization and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter wheat. Plant and Soil, Dordrecht, 103:279-284, 1988.
- BARBOUR, , M.G.; BURK, J.H. & PITTS, W.D. Terrestrial Plant Ecology. Benjamin/Cummings Publishing Co. Menlo Park, Califórnia, 166p. 1987.
- BAREA, J.M. Vesicular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. Advances in Soil Science, New York: j. Willey, p.157-179, 1995.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análises química de plantas. Boletim técnico do Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, n.78, p.1-48, 1983.
- BAYLIS, G. T. S. Host Treatment and Spore Production by Endogone. New Zealand J. of Botany, v.7, p.173-174, 1969.
- BERBARA, R. L. L. Eficiência de Fungos Micorrízicos Vesículo-Arbusculares em Quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L) Moench cv. Piranema). UFRRJ, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Itaguaí, RJ. Tese de Mestrado, 194p.,1989.
- BERBARA, R. L. L.; FREIRE,L. R.; LIMA, E. ;AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Infecção micorrizica em 8 espécies de leguminosas usadas como abono

- verde. In International Foundation for Science. Stockholm, Informes Provisionales N^o 18, p.55-64, 1985.
- BETHLENFALVAY, G.J. Mycorrhizae and crop productivity. In: BETHLENFALVAY, G.J.; LINDERMAN, R.G., eds. Mycorrhizae in sustainable agriculture. Madison: American Society of agronomy, p.11-27, 1992.
- BEVER, J. D.; MORTON, J. B.; ANTONOVICS, J.; SCHULTZ, P.A. Host-dependent sporulation and species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a mown grassland. *Journal of Ecology*, Oxford, n. 2, v. 84, p.71-78, Feb. 1996.
- BLACK, R. & TINKER, P.B. The development of endomycorrhizal root system II. Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spor density. *New phytol*, Oxford, 83, 401-413.
- BOLAN, N.S. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil*, Netherlands, 134: 189-207, 1991.
- BOWEN, G.D. The biology and fisiology of infection and its development. In: SAFIR, G.T., ed. *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. Boca Raton: CRC Press, p. 27-57, 1987.
- BREMNER, J.M.; MULVANEY, C.S. Nitrogen total. In: PAGE, A.L. (Ed.) *Methods of soil analysis*. 2ed. Madison: Soil Science Society of American, Part 2, p.595-624, 1982.
- CARDOSO, E.J.B.N. Efeito de micorriza Vesículo-Arbuscular e fosfato de rocha na simbiose soja-*Rhizobium*. *Rev.. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 9:125-130, 1985.
- CARVALHO, A.R.V. de; COZZOLINO, K.; SILVA, E.M.R. da; BALDANI, V.L. & DOBEREINER, J. Associação simbiótica entre bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de pupunheira. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Rio de Janeiro-RJ. Resumos, p.115. 1997.

- CHU, E.Y.; CARVALHO, J.G. de. Crescimento inicial e nutrição mineral da gravioleira à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares em solo fumigado e não fumigado. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Rio de Janeiro-RJ. Resumos, p.119. 1997.
- CLARKE, C.A. & MOSSE, B. 1978. Recovery of VA Mycorrhizal Spores After Germination. In: Rothamsted Experimental station Report for 1977.
- COCHRAN, W.G. Estimation of Bacterial Densities by Means of the "Most Probable Number". Biometrics, New York, v.6, p.105-116, 1950.
- COLINVAUX, P. Ecology 2. Center for Tropical Paleoecology Smithsonian Tropical Research Institute Balboa Republic of Panama, chapter 16 p. 312-344.
- COLOZZI-FILHO, A. & BALOTA, E.L. Micorrizas arbusculares. In: HUNGRIA, M. & ARAUJO, R.S. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola, EMBRAPA, CNPAF, p.383-418, 1994.
- DIAS JÚNIOR, D.D.; TRINDADE, A.V.; MENDONÇA, L.F. & SIQUEIRA, J.O. Ocorrência da associação micorrízica do mamoeiro em condições naturais. XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Rio de Janeiro-RJ. Resumos, p.91. 1997
- DIEDERISCHS, C. Interaction between five endomycorrhizal fungi and the rootknot nematode *Meloidogyne javanica* on chickpea under tropical conditions. Tropical Agriculture, Trinidad, v.64, p. 353-355, 1987.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo (Rio de Janeiro, RJ). Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro: SNLCS, n.p, 1979.
- ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da & SOUZA, F. A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção de batata-doce. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.33, n.3, p.339-347, 1998.

- FISCHER, C. R.; JANOS, D.P.; PERRY, D. A.; LINDERMAN, R.G.; SOLLINS, P. Mycorrhiza inoculum potentials in tropical secondary succession. *Biotropica*, St. Louis, v. 26, n. 4, p. 369-377, Dec. 1994.
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; DIAS, L.E.& FARIAS, S.M.de Use of nodulated and mycorrhizal legume trees for revegetation of residues from bauxite mining. In: International symposium on sustainable agriculture for the tropics - nitrogen fixation, Angra dos Reis, 1995. Abstract. Angra dos Reis EMBRAPA-CNPAB, UFRRJ; BRASILIAN Academy of Science, p.80, 1995.
- FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, E.M.R. da & FARIA, S.M. de Revegetação de solos degradados: Seropédica. Brasília, EMBRAPA-CNPBS, 8p. (EMBRAPA-CNPBS. Comunicado técnico, 9), 1992.
- GANGE, A. C. Translocation of mycorrhizal fungi by earthworms early succession. *Soil Biol. Biochem.*, Great Britain, V. 25, n.8, p. 1021-1026, 1993.
- GEDERMANN, J. W. & NICOLSON, T.H. Espores of mycorrhizal Endogene species extracted from soil by wet-sieving and decanting, *Transactions of British Mycological Society*, Cambridge, v.46, p.235-244, 1963.
- GEDERMANN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. *Annual Review of phitopathology*, Palo Alto, v.6. p.397-413, 1968.
- GEROLA, A. F. & COSTA, S. M. G. da Potencial de Inóculo de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) autóctones em campo. Congresso Sulamericano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, CD rom, 1996.
- GEROLA, A. F.& COSTA, S. M. G. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em videiras da região de Marialva, Paraná. II Congresso Brasileiro de Micologia, Livro de Resumos, pág. 160, 1998.
- GIANINAZZI-PEARSON, V. Recent research into the cellular, molecular and genetical bases of compatible host-fungus interactions in vesicular arbuscular endomycorrhizal: approaches and advances. In: Séminaire

- Regional Sur Interaction Plantes Microrganismes, Dakar, 1992. Interactions plantes microrganismes. Stockholm: IFS/ORSTOM, p.253-263, 1992.
- GIOVANNETTI, M & MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots, *New Phytologist*, Oxford, v.84. p. 498-500. 1980.
- GRAVINA, G. de A.; SANTOS, A. L. dos; NASCIMENTO, G. B. do; BERBARA, R. L. L.; GUERRA, J. G.M. & SOUZA, F. A. de. Avaliação da densidade de propágulos infectivos de fungos micorrízicos arbusculares em solo sob leguminosas herbáceas perenes. II Congresso Brasileiro de Micologia , Rio de Janeiro, Livro de Resumos, p. 170, 1998.
- HALL, I. R., Species and Mycorrhizal Infections of New Zealand Endogonaceae. *Transactions of the British Mycological Society*. v. 68, p. 341-356, 1987.
- HAMAKAWA, P.J. & ANDRADE, D.S. Aplicação da função polinomial de 3º grau para determinar o intervalo de confiança da densidade de microrganismos viáveis. III Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do solo, Londrina, PR, p.469-474, 1994.
- HAMEL, C.; DALPE, Y. LAPIERRE, C.; SIMARD, R. R. & SMITH, D. L. Endomycorrhizal in a newly cultivated acidic meadow: Effects of three of haley cropping, tillage, lime and phosphorus on root colonization na soil infectivity. *Biol Fertil Soils*, Berlin, 21: 160-165, 1996.
- HARIKUMAR, K. M. & BAGYARAJ, D. JEfect of Crop Rotation on Native Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Propagules in Soil. *Plant and Soil*, The Hague, v.110, p.77-80, 1988.
- HAYMAN, D. S. & MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. III. Increased uptake of labile phosphorus from soil. *New Phytol.*, Oxford, v.71,p.41-47, 1972.
- HAYMAN, D. S. The Physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. *Can. J. Bot.*, Ottawa, v.61, p.944-963, 1983.

- HENDRIX, J. W.; GUO, B. Z. & AN, Z. Q. Divergence of mycorrhizal fungi communities in crop production systems. *Plant and Soil*, Netherlands, 170: 131-140, 1995.
- HERRERA, R. A.; RODRÍGUEZ, M. E.; OROZCO, M. O.; FURRAZOLA, E.; FERRER, R. L. Las micorrizas y el funcionamiento de los bosques tropicales. In: HERRERA, R. A.; MENÉNDEZ, L.; RODRÍGUEZ, M.E.; GARCÍA, E.E. *Ecología de los bosques siempre verdes de la Sierra del Rosario, Cuba: Proyecto MAB n. 1, 1974-1987*. La Habana: Instituto de Ecología y Sistemática/Academia de Ciencias en Cuba, p.627-671, 1988.
- JASPER, D. A.; ROBSON, A.D. & ABBOTT, L. K. Phosphorus and the formation of Vesicular-arbuscular Mycorrhizas. *Soil Biol. Biochem.*, Great Britain, v.11, p.501-505, 1989a.
- JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A.D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of VamMycorrhizal fungi. *New Phytologist*, Oxford, v. 112, p. 91-99. 1989b.
- JOHNSON, P.; PFLEGER, F.L. Vesicular-arbuscular Mycorrhizae and cultural stresses. In: BETHENFALVAY, G.J.; LINDERMAN, R.G., eds. *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. Madison: American Society of agronomy, p. 71-99, 1992.
- KAN, M. K.; SAKAMOTO, K. & YOSHIDA, T. Dual inoculation of peanut with *Glomus* sp. and *Bradyrhizobium* sp. Enhanced the Symbiotic Nitrogen fixation as Assessed by ¹⁵N-technique. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 41(4), 769-779, 1995.
- KOIDE, R. T.; SCHREINER, R. P. Regulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 43, p. 557-581, 1992.
- KORMANIK, P. P.; BRYAN, W.C.; SCHULTZ, R.C. Procedures and equipment for staining large number of plant roots endomycorrhizal assay. *Can. J. Micol.*, v.26, p. 536-538, 1980.

- KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Micol. Res.*, Cambridge, v.92, p.486-488, 1989.
- KUNZE, A.; LOVATO, P.E. Produção de mudas de abacaxi micropropagadas e micorrizadas adaptadas às condições do litoral de Santa Catarina. Congresso Sul Americano de Ciência do Solo (Solo/Suelo). Águas de Lindóia-SP. Resumo expandido em CD rom. 1996.
- LAMBAIS, M. R. & CARDOSO, E.J.B.N. Germinação de esporos e crescimento do tubo germinativo de fungos micorrízicos vesículo arbusculares em diferentes concentrações de alumínio. *Ver. bras. Ci. Solo*, Campinas, 13:151-154, 1988.
- LINDERMAN, R.G. Vesicular arbuscular mycorrhizal and soil microbial interactions. In: BETHLENFALVAY, G. J. & LINDERMAN, R.G., eds. *Mycorrhizal in sustainable agriculture*. Madison, USA, p. 45-70, 1992.
- LIU, R. J. & LUO, X. S. A new method to quantify the inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phitol.*, Oxford, v. 128, p. 89-92, 1994.
- LOPES, E. S. ; SIQUEIRA, J. O. Vesicular-arbuscula mycorrhizas: their potential in phosphate nutrition in tropical regions. In: RUSSEL, R.S.; IGUE, K.; METHA, Y.R., eds. *The soil-root system in relation to Brazilian agriculture*. Londrina: IAPAR, p. 225-242, 1981.
- LOPES, E. S. ; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Revisão de literatura: Caracterização das micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, v.7, p.1-19, 1983.
- LOPES, E.S.; OLIVEIRA, E.; NEPTUNE, ^aM.L. Oefeito de espécies de micorrizas vesicular arbusculares no Siratro (*Macroptilium atropurpureum*). *Bragantia*, Campinas, v.39, p.241-245, 1980.
- LOUREIRO, M. de F.; BORBA FILHO, A.B.; MATSUOKA, M. & SILVA, E.M.R. da. Fungos micorrízicos em dois genótipos de girassol no estado de Mato Grosso. Congresso Sul Americano de Ciência do Solo (Solo/Suelo). Águas de Lindóia -SP. Resumo expandido em CD rom, 1996.

- MAGURRAN, A. E. Ecological diversity and its measurement. Princeton. New Jersey. Princeton University Press. 176p., 1988.
- McGEE, P. A.; PATTINSON, G. S. HEATH, R.A.; NEWMAN, C. A. & Allen, s. j. Survival of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in soils in eastern Australia used to grow cotton. *New Phytol*, Oxford, v. 135, p. 773-780, 1997.
- MELLONI, R.; NOGUEIRA, M. A.; FREIRE, V. F. & CARDOSO, E. J. B. N. Efeito de doses de fósforo e Fungos Micorrízicos Arbusculares no crescimento de mudas de limão cravo (*Citrus limonia* L. Osbeck). Congresso Sulamericano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, Resumos expandidos em CD rom, 1996.
- MENDONÇA, M. M. & OLIVEIRA, V. L. de. Micorrizas no Brasil: estado atual das pesquisas e prioridades. IN: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F. & FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996.
- MENGE, J.A.; LABANAUSKAS, C.K.; JHONSON, E.L.V.; PLATT, R.G. Partial substitution of mycorrhizal fungi for phosphorus fertilization in the greenhouse culture of citrus. *Soil Science Society of American Journal*, Madson, v.42, p. 926-930. 1978.
- MIRANDA, J.C.C. A endomicorriza na região dos Cerrados: uma revisão. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 35p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 42),1992.
- MIRANDA, J.C.C.; HARRIS, P.J.; WILD, A. Effects of soil and plant phosphorus concentration on vesicular-arbuscular mycorrhizal in sorghum plants. *New Phytologist*, Oxford, v.112, p. 405-410, 1989.
- MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares nativos de cerrado no crescimento da soja adubada com nitrogênio ou inoculada com *Rhizobium*. In: simposio do Cerrado, 8.; International symposium on tropical savanas. Brasília. Anais: biodiversidade

- e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados; EMBRAPA-CPAC, p. 393-395, 1996.
- MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Micorrizas Arbusculares. In: *Biologia dos Solos dos Cerrados EMBRAPA-CPAC*, Cap.2, p.68-123, 1997.
- MIRANDA, J.C.C.; SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. Influência de fungos endomicorrízicos vesiculares arbusculares nativos e exóticos à região dos Cerrados do Distrito Federal. In: EMBRAPA. Centro de pesquisa agropecuária dos Cerrados (Planaltina, DF). Relatório técnico anual do centro de pesquisa agropecuária dos cerrados de 1997-1990. Planaltina, p.213-216, 1994.
- MORTON, J. B. & STUTZ, J. Successive pot cultures reveal higher species richness of indigenous arbuscular endomycorrhizal fungi in ecosystems. *Can. J. Bot.*, Ottawa, 74: 1881-1883, 1996.
- MORTON, J. B.; BENNY, G. L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glominae and Gigasporinae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an amendment of Glomaceae. *Mycotaxon*, Ithaca, v.37, p.471-491, 1990.
- MORTON, J.B. Species and clones of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes): their role in macro and microevolutionary processes. *Mycotaxon*, Ithaca, v.37, p. 493-515, 1990.
- MORTON, J.B.; BENTIVENGA, S.P.; BEVER, J.D. Discovery, measurement, and interpretation of diversity in symbiotic endomycorrhizal fungi (Glomales, Zygomycetes). *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v.73, p. 525-532, 1995.
- MORTON, J.B.; BENTIVENGA, S.P.; WHEELER, W.W. Germoplasm in the international collection of arbuscular and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (INVAM) and procedures for culture development, documentation and storage, *Mycotaxon*, Ithaca, v.48, p.491-528, 1993.

- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhizal. Annual Review of Phytopathology, Palo Alto, v.11, p.171-196, 1973.
- MOSSE, B. Advances in the Study of Vesicular-arbuscular Mycorrhizas. Ann. Rev. Phytopathol., v.11, p.171-196, 1973.
- MOSSE, B. Frutifications associated with mycorrhizal strawberry roots. Nature, London, v.171, p.974, 1953.
- MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. Hawaii: Institute for tropical agriculture and human resources, 82p. (research bulletin, 194), 1981.
- NAHAS, E. Ciclo do fósforo: transformações microbianas. Jaboticabal, FUNEP, 67p. 1991.
- NICOLSON, T.H. Vesicular-arbuscular mycorrhiza - a universal plant symbiosis. Science Progress, Oxford, v.55, p.561-581, 1967.
- ODUM, E. P. Ecologia. Rio de Janeiro, Guanabara, 434p, 1988.
- O'KEEFE, D.M.; SYLVIA, D.M. Mechanisms of the vesicular-arbuscular mycorrhizal plant-growth response. In: ARORA D.K.; RAI, B.; MUKERJI, D.G.; KNUDSEN, G.R., eds. Handbook of applied mycology. New York: M. Dekker, p.35-53, 1991.
- OLIVEIRA, A. A. R. & SANDERS, F. E. Efeito de práticas culturais sobre a colonização micorrízica, crescimento e partição da matéria seca de feijão vagem (*Phaseolus vulgaris*, L.). Congresso Sulamericano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, Resumos expandidos em CD rom, 1996.
- OSONUBI, O. ; ATAYESE, M. O. & MULONGOY, K. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation on nutrient uptake and yield of alley-cropped cassava in degraded Alfisol of southwestern Nigeria. Biol. Fertil Soils, Berlin, 20: 70-76, 1995.
- PAIVA, L.M.; MAIA, L.C.; CAVALCANTA, U.M.T. ; GALVÃO, I.B. & SILVA NETO, J.P. da Relação entre fungo micorrízico arbuscular (*Glomus etunicatum*) e raízes de batata doce (*Ipomea batatas*) em sistema de cultivo

- aeropônico e no solo. II Congresso Brasileiro de Micologia. Rio de Janeiro-RJ. p.159, 1998.
- PARON, M. P. & MORGADO, L. B. Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares na região do submédio do São Francisco. Congresso Sulamericano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, Resumos expandidos em CD rom, 1996.
- PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeito da adubação fosfatada, cultivos e densidade de esporos na infectividade e efetividade de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em solo sob cerrado. *Ciência e Prática*, Lavras, v.11, p.54-64, 1987.
- PHILIPS, J.M. & HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. mycol. Soc.*, v.55, p.158-161, 1970.
- PORTER, W. M. The “Most Probable Number” method for enumerating infective propagules of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Aust. j. Soil Res.*, Victoria, v.17, p.515-519, 1979.
- REQUENA, N.; JEFFRIES, P. & BAREA, M. J. Assessment of Natural Mycorrhizal Potential in a Desertified Semiarid Ecosystem. *Applied and Environmental Microbiology*, Mar. 1996, v.62, n.3, p. 842-847.
- ROSSO, S. Laboratório de ecologia marinha – Instituto de ecologia geral – Instituto de biociências da Universidade de São Paulo (internet – <http://eco.ib.usp.br/labmar>), 1996.
- SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Micorrizas arbusculares em mudas de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro. Tese de Doutorado. Lavras-MG, 120p., 1997.
- SAGGIN-JÚNIOR, O.J., SIQUEIRA, J.O; GUIMARÃES, P.T.G. & OLIVEIRA, E. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vezículo-arbusculares em cafeeiro. *R. Bras. Ci solo*. Campinas, v. 18 N. 1 Jan./abr. p.27-36, 1994.
- SANO, S.M.; WARNER, A.; SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, J.C.C. Influência do manejo de solo e culturas no comportamento de fungos micorrízicos em

- sols de cerrado. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos cerrados (Planaltina, DF). Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 1985-1987. Planaltina, p.101-104, 1991.
- SANTOS, A. L. dos; GRAVINA, G. de A.; NASCIMENTO, G. B. do; BERBARA, R. L. L.; GUERRA, J. G.M. & SOUZA, F. A. de. Efeito da inoculação de *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* sobre a esporulação dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) indígenas, na rizosfera de gramíneas e leguminosas crescidas em solo degradado. II Congresso Brasileiro de Micologia , Rio de Janeiro-RJ. Livro de Resumos, p.169, 1998.
- SCHENCK, N. C. & PEREZ, Y. A Manual of Identification of Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi. INVAM,, University of Florida, Gainesville, 245p, 1987.
- SCHENCK, N. C. & PEREZ, Y. A Manual of Identification of Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi., 2nd Ed.University of Florida, Gainesville, Florida, 241p, 1988.
- SCHENCK, N.C.; SIQUEIRA, J.O.; OLIVEIRA, E. Changes in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems. In: VANCURA, V.; KUNCE, F., eds. Interrelationships between microorganisms and plants in soils. Amsterdam: Elsevier, p.125-129, 1989.
- SIEVERDING, E. & LEIHNER, D. E. Influence of crop rotation and intercropping of cassava with legumes on VA mycorrhizal symbiosis of cassava. Plant and Soil, Dordrecht, 80:143-146, 1984.
- SIEVERDING, E. & SAIF, S.R. VA mycorrhiza management: A new, low cost, biological technology for crops and pasture production on infertile soils. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali. (1984).
- SIEVERDING, E. Vesiculo-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrossistems. Technical Corporation Federal Republic Germany. Eschbonn, 371p., 1991.

- SILVA NETO, J.P. da; PAIVA, L.M.; MAIA, L.C.& RANGEL, T.C. Fungos micorrízicos vesículo arbusculares em solos salinos, de áreas bananicultoras do estado de Pernambuco. II Congresso Brasileiro de Micologia, Rio de Janeiro-RJ. Livro de Resumos, p.160, 1998.
- SILVA, E.M.R. da; BOVI, M.L.A; SILVA, L.R.C.; SILVEIRA, A.P.D.; SPIERING, S.H. & GODY JÚNIOR, G. Estabelecimento de mudas de palmito (Euterpe edulis) inoculados com fungos micorrízicos arbusculares. In: Reunião brasileira sobre micorrizas, 5., Florianópolis, 1994. Resumos. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, p.35, 1994.
- SILVA, E.M.R. da; SOUZA, F. A. de & FRANCO, A. A. The establishment of arbuscular mycorrhizal fungi associated whit nodulated legumes trees in land reclamation in the Amazon and Atlantic forest regions of Brazil. In: International conference on mycorrhizae, 1., Berkeley, 1996. Program and abstracts. Berkeley, University of California, p.109, 1996.
- SILVA, L.H.B.; MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Efeito da micorriza vesículo-arbuscular no crescimento de variedade de trigo sensível e tolerante ao alumínio, em solo de cerrado. Rev. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.18, n.3, p.407-414, 1994.
- SIQUEIRA, J. O. Avanços em Fundamentos de Aplicação de Micorrizas. Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, cap.1, Micorrizas e micorrizologia, p.1-38. 1996.
- 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, 4, Mendes, EMBRAPA(CNPAB), UFRRJ, 1991.
- SIQUEIRA, J.O & COLLOZI-FILHO, A. Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. Ver. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.10, n. 12, p.207-211, set./dez., 1986.

- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo: Fundamentos e Perspectivas. Brasília: MEC/ ABEAS/ESAL/FAEPE, 236p. 1988.
- SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M. de S. Microbiologia do solo e sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Manaus-AM. Palestras, p.1-42. 1996.
- SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M. de S.; GRISI, B.N.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. Microrganismos e processos biológicos do solo: Perspectiva Ambiental. Brasília: EMBRAPA. 142p., 1994.
- 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, L. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R.S. & HUNGRIA, M., eds. Microrganismos de importância agrícola. Brasília, EMBRAPA, p.115-194, 1994.
- SMITH, S. E. & READ, D. J. Mycorrhizal symbiosis. 2 ed. San Diego, California: Academic Press. 605p.,1997.
- SMITH, S.E. & BOWEN, G.D. Soil Temperature, Mycorrhizal Infection and Nodulation. Soil Biol. Biochem., Great Britain, v.11, p.469-473, 1979.
- SMITH, S.E. & SMITH, F.A. Structure and function of the interfaces in biotrophic symbiosis as they relate to nutrient transport. The New Phytologist, Oxford, v. 114, n. 1, p. 1-38, jan. 1990.
- SOUZA, F.A. de & SILVA, E.M.R. da Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J. O. Avanços em Fundamentos de Aplicação de Micorrizas. Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, cap. 9, p.255-290, 1996.
- SOUZA; F.A. de. Influência da Adubação Verde sobre o Potencial de Inóculo de Fungos Micorrízicos Arbusculares e Produção da Mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Seropédica-RJ, UFRRJ/Dep^{to} de Solos, Tese de Mestrado, 88p., 1996.

- THONSON, T.; E.; MANIAN, S. & UDAIYAN, K. The effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal exposure period on their colonization of and spore production in tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum* Mill.), and on host biomass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Elsevier, v.51, p. 287-292, 1994.
- TOMMERUP, I. C., 1983. Spore dormancy in Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* v.81, p. 37-45.
- TRAPPE, J. M. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the Angiosperms from an evolutionary standpoint. In: SAFIR, G.R., ED. *Ecophysiology of mycorrhizal plants*. Boca Raton, CRP Press, p.5-25, 1987.
- TRUFEM, S. F. B.; GIUSTRA, K.C. & SANTOS, M. L. da Diversidade de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) nos vales dos rios Mogi e Pilões, Cubatão, SP. Congresso Sulamericano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, Resumos expandidos em Cd rom, 1996.
- TRUFEM, S.F.B. & VIRIATO, A. Fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em Melastomataceae e outras plantas resistentes e sensíveis à poluição na Reserva Biológica do Alto da Serra de Paranapiacaba, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v.4, n.1/2, p.76-91, dez. 1995.
- VILARIÑO, A. & ARINES, J. Numbers and Viability of Vesicular-arbuscular Fungal Propagules in Field Soil Samples After Wildfire. *Soil Biol. Biochem.*, Great Britain, V.23, n.11, p.1083-1087, 1991.
- WEBER, O.B. & AMORIM, S.M.C. Adubação fosfática e inoculação de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em mamoeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 18:187-191, 1994.
- WILEY, J. Ecology 2. Toward a general theory of species diversity. p.311-334, 1993
- WILSON, M. J. & TRINICK, J. M. Factors Affecting the Estimation of Numbers of Infective Propagules of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungus by the Most Probable Number Method. *Aust. J. Soil Res.*, Victoria, v.21, p.73-81, 1982.

- YANO, A. M.; MAIA, L. C. & MORGADO, L. B. Fungos Micorrízicos Arbusculares em bananeiras cultivadas no vale do sumédio do São Francisco. Congresso Sulamericano de Ciência do Solo, Águas de Lindóia, Resumos expandidos em CD rom, 1996.
- ZAMBOLIN, L.; SIQUEIRA, J.O. Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura. Belo Horizonte: EPAMIG, 36p. (EPAMIG, Documentos, 26), 1985.

Anexo – 1

Tabela 1- Quadro de análise da variância dos dados obtidos no experimento de campo e nos bioensaios em casa-de-vegetação. Blocos Casualizados em esquema fatorial com parcelas subdivididas, com os fatores Planta (arachis, kudzu e siratro) nas parcelas e o fator manejo do material vegetal de corte de parte aérea no 4º e 5º corte das plantas na subparcela (Manejo A = manutenção e B = remoção do material vegetal).

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

FONTES DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Bloco	2
Planta	2
Resíduo (a)	(4)
Parcela	8
Manejo	1
Planta x Manejo	2
Resíduo (b)	(6)
Total (subparcela)	17
Estudo das interações significativas	
Entre Manejos dentro da Planta 1	1
Entre Manejos dentro da Planta 2	1
Entre Manejos dentro da Planta 3	1
Entre Plantas dentro do Manejo 1	2
Entre Plantas dentro do Manejo 2	2

Tabela- 2 Resumo da Análise de Variância (ANOVA); Número de Propágulos infectivos (NMP) por espécie de FMA por 100g de solo (dados transformados em $\text{Log}(x+1)$). FMA nativos de solo sob leguminosas herbáceas perenes, manejadas com manutenção ou remoção do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela.

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRADO MÉDIO	F calculado	SIGNIF.	COEF. DE VARIAÇÃO (%)
<i>G. occultum</i>	Planta	0.4709567	6.44	0.0562	13.16
	Manejo	0.1825161	3.23	0.122	11.15
	Planta X Manejo	0.06618004	1.17	0.3716	
<i>Glomus diaphanum</i>	Planta	0.5559494	5.19	0.0774	16.71
	Manejo	0.3114035	4.99	0.067	12.75
	Planta X Manejo	0.23321669	0.37	0.5653	
<i>G. macrocarpum</i>	Planta	0.04453370	0.30	0.7561	36.27
	Manejo	1.248778	50.80	0.0004	14.67
	Planta X Manejo	0.1725598	7.03	0.0268	
<i>G. etunicatum</i>	Planta	0.2475561	2.10	0.2490	23.59
	Manejo	1.6600154	24.3	0.0026	17.24
	Planta X Manejo	0.3429468	5.21	0.0488	
<i>G. microcarpum</i>	Planta	0.04018085	4.45	0.0961	31.73
	Manejo	0.02245595	3.71	0.1024	25.98
	Planta X Manejo	0.0163399	1.76	0.2508	
<i>S. weresubae</i>	Planta	0.02816685	0.40	0.6944	58.26
	Manejo	0.01065673	0.54	0.4901	31.07
	Planta X Manejo	0.01958601	0.99	0.3582	
<i>S. heterogama</i>	Planta	0.2335441	4.08	0.1083	33.05
	Manejo	0.1364264	1.21	0.3127	46.29
	Planta X Manejo	0.1255349	1.12	0.3867	
<i>Scutellospora castanea</i>	Planta	0.1905520	3.97	0.0696	9.56
	Manejo	1.025161	6.31	0.0458	17.60
	Planta X Manejo	0.06324094	0.39	0.5553	
<i>A. tuberculata</i>	Planta	0.2224934	5.75	0.067	10.33
	Manejo	0.1114282	1.85	0.2232	12.90
	Planta X Manejo	0.01682095	0.28	0.6157	
<i>A. mellea</i>	Planta	0.1643624	0.65	0.5696	27.56
	Manejo	0.6437468	7.26	0.036	16.34
	Planta X Manejo	0.005512029	0.06	0.9423	
<i>A. scrobiculata</i>	Planta	0.5037125	74.21	0.0007	4.36
	Manejo	0.01451087	0.03	0.8682	34.70
	Planta X Manejo	0.01234745	0.03	0.8682	
<i>A. remhii</i>	Planta	0.1629535	10.33	0.026	8.67
	Manejo	0.6038000	0.94	0.4414	55.27
	Planta X Manejo	0.1456167	0.23	0.8012	
<i>A. morrowae</i>	Planta	0.1104012	0.21	0.8190	38.27
	Manejo	0.15788756	0.92	0.4482	21.66
	Planta X Manejo	0.002073314	0.01	0.9901	
<i>Acaulospora apendicula</i>	Planta	0.002628195	0.31	0.7496	55.94
	Manejo	0.00369628	0.88	0.4622	36.03
	Planta X Manejo	0.001891500	0.54	0.6086	
<i>Gigaspora albida</i>	Planta	0.03446868	0.90	0.4756	70.61
	Manejo	0.02931056	6.80	0.040	23.65
	Planta X Manejo	0.002804752	0.65	0.5552	
<i>Sclerocystes sinuosa</i>	Planta	0.3527971	2.57	0.1916	33.56
	Manejo	0.006813955	0.28	0.7651	14.16
	Planta X Manejo	0.6991347	28.63	0.0009	
TOTAL	Planta	0.2148232	5.44	0.072	6.62
	Manejo	0.2914350	13.78	0.0099	4.84
	Planta X Manejo	0.004082596	0.19	0.8317	

Tabela 3 - Resumo da Análise de Variância (ANOVA); Número de Esporos por espécie de FMA por 100g de solo (dados transformados em Log (x)). FMA nativos de solo sob leguminosas herbáceas perenes, manejadas com manutenção ou remoção do seu material vegetal de corte de parte aérea, sob a parcela.

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRADO MÉDIO	F calculado	SIGNIF.	COEF. DE VARIAÇÃO (%)
<i>G. occultum</i>	Planta	0.7045038	1904.24	0.0000	1.03
	Manejo	0.2956125	48.05	0.0004	4.21
	Planta X Manejo	0.02367532	3.85	0.0841	
<i>Glomus diaphanum</i>	Planta	0.7799300	46.93	0.0017	7.83
	Manejo	0.2749370	21.17	0.0037	6.92
	Planta X Manejo	0.1300756	10.01	0.0122	
	Planta	0.9647630	6.07	0.0614	6.66
	Manejo	0.1451150	5.38	0.0594	8.67
	Planta X Manejo	0.006163320	0.23	0.8012	
<i>G. etunicatum</i>	Planta	0.1730077	5.24	0.0763	8.68
	Manejo	0.04289840	5.01	0.0664	4.42
	Planta X Manejo	0.09498497	11.10	0.0096	
<i>G. microcarpum</i>	Planta	0.04927665	5.56	0.0699	14.50
	Manejo	0.5009274	1.62	0.2505	85.75
	Planta X Manejo	0.1020645	0.33	0.7312	
<i>S. weresubae</i>	Planta	0.8281662	245.99	0.0001	4.29
	Manejo	0.3443445	10.30	0.0184	13.51
	Planta X Manejo	0.03893786	1.16	0.3738	
<i>S. heterogama</i>	Planta	0.7880814	6.82	0.0514	27.07
	Manejo	0.2786212	5.08	0.0651	18.66
	Planta X Manejo	0.1090191	1.99	0.2176	
<i>Scutellospora castanea</i>	Planta	0.3991275	4.05	0.1093	26.07
	Manejo	0.2168214	7.39	0.0347	14.23
	Planta X Manejo	0.033635766	1.24	0.3545	
<i>A. tuberculata</i>	Planta	0.2849139	3.51	0.1316	20.96
	Manejo	0.4540658	37.57	0.0009	8.09
	Planta X Manejo	0.02500835	2.07	0.2073	
<i>A. mellea</i>	Planta	0.2981641	9.00	0.0331	11.44
	Manejo	0.2626883	17.52	0.0058	7.70
	Planta X Manejo	0.03999817	2.67	0.1483	
<i>A. scrobiculata</i>	Planta	0.08754067	3.08	0.1549	7.26
	Manejo	0.002879808	0.18	0.6862	5.42
	Planta X Manejo	0.07841705	4.96	0.0536	
<i>A. remhii</i>	Planta	0.1105136	2.26	0.2205	12.80
	Manejo	0.010100536	0.43	0.5363	8.87
	Planta X Manejo	0.08455521	3.60	0.0941	
<i>A. morrowae</i>	Planta	0.3007956	1.77	0.2812	19.77
	Manejo	0.0417013	1.03	0.3488	10.36
	Planta X Manejo	0.03851712	0.83	0.4806	
<i>Acaulospora apendicula</i>	Planta	0.6011600	7.14	0.0479	76.22
	Manejo	0.8293988	10.18	0.0188	74.97
	Planta X Manejo	0.4889549	6.00	0.0370	
<i>Gigaspora albida</i>	Planta	1.226227	5.70	0.0674	98.35
	Manejo	0.4411223	2.28	0.1814	93.2
	Planta X Manejo	0.1614342	0.84	0.4768	
<i>Sclerocystes sinuosa</i>	Planta	0.02120715	0.34	0.7305	25.89
	Manejo	0.1537697	1.65	0.2458	31.74
	Planta X Manejo	0.09297454	0.98	0.4283	
TOTAL	Planta	0.9887873	6.50	0.0554	4.16
	Manejo	0.08376656	8.23	0.0285	3.40
	Planta X Manejo	0.04258343	4.18	0.0729	

Tabela 4 - Resumo da Análise da Variância (ANOVA). NPK e Matéria Seca da parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, por ocasião do 4º corte.

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRADO MÉDIO	F calculado	SIGNIF.	COEF. DE VARIAÇÃO (%)
Matéria Seca (t/ha)	Planta	32.34254	108.66	0.0003	11.82
	Manejo	2.936273	8.75	0.0253	12.54
	Planta X Manejo	1.378172	4.41	0.0751	
N (g/kg)	Planta	8.453965	1.58	0.3129	7.81
	Manejo	0.3307542	0.67	0.4443	2.37
	Planta X Manejo	1.351487	2.74	0.1426	
N total acumulado (kg/ha)	Planta	23287.81	193.79	0.0001	8.12
	Manejo	2557.555	9.45	0.0218	12.19
	Planta X Manejo	1095.7448	4.04	0.0772	
P (g/kg)	Planta	0.1650501	4.91	0.0837	8.91
	Manejo	0.07735559	2.37	0.1750	8.79
	Planta X Manejo	0.02007225	0.61	0.5739	
P total acumulado (Kg/ha)	Planta	91.88490	24.87	0.0055	20.19
	Manejo	5.120002	6.68	0.416	9.52
	Planta X Manejo	5.018069	6.54	0.0311	
K (g/kg)	Planta	49.29167	1.99	0.2518	63.27
	Manejo	5.836805	2.31	0.1797	20.20
	Planta X Manejo	1.097222	0.43	0.6691	
K total acumulado (kg/ha)	Planta	195.6059	1.44	0.3374	37.07
	Manejo	242.5138	33.94	0.0011	8.51
	Planta X Manejo	47.60207	6.66	0.0299	

Tabela 5 - Resumo da Análise da Variância (ANOVA). Teores de NPK e Matéria Seca da parte aérea de leguminosas herbáceas perenes, por ocasião do 5º corte.

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRADO MÉDIO	F calculado	SIGNIF.	COEF. DE VARIAÇÃO (%)
Matéria Seca (t/ha)	Planta	25.67849	22.16	0.0069	21.55
	Manejo	6.479997	5.59	0.0559	21.54
	Planta X Manejo	4.311800	3.72	0.0889	
N (g/kg)	Planta	25.68234	1.99	0.2519	12.77
	Manejo	8.013352	1.53	0.2630	8.14
	Planta X Manejo	0.9276372	0.18	0.8396	
N total acumulado (kg/ha)	Planta	160801.81	18.64	0.0094	21.21
	Manejo	6780.807	6.97	0.0385	22.52
	Planta X Manejo	3048.287	3.13	0.1170	
P (g/kg)	Planta	0.06886663	2.97	0.1619	7.73
	Manejo	0.001799996	0.05	0.8305	9.89
	Planta X Manejo	0.06166671	1.63	0.2717	
P total acumulado (Kg/ha)	Planta	81.74961	17.06	0.0110	22.57
	Manejo	22.43206	4.40	0.0809	23.30
	Planta X Manejo	23.84967	4.67	0.0598	
K (g/kg)	Planta	7.399307	0.63	0.5783	47.45
	Manejo	6.408205	17.70	0.0056	8.33
	Planta X Manejo	1.478618	4.08	0.0760	
K total acumulado (kg/ha)	Planta	2049.288	3.05	0.1569	70.18
	Manejo	1043.438	17.90	0.0055	20.67
	Planta X Manejo	460.7520	7.90	0.0208	

Tabela 6 - Resumo da Análise de Variância (ANAVA); NMP por Gênero de FMA por 100g de solo (dados transformados em Log (x+1)).

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRAD O MÉDIO	F calculado	SIGNIF.	COEF. DE VARIAÇÃO (%)
<i>Glomus</i>	Planta	0.3149081	3.96	0.1127	11.62
	Manejo	0.3956033	7.43	0.0344	9.51
	Planta X Manejo	0.06720942	1.26	0.3486	
<i>Scutellospora</i>	Planta	.1973172	4.25	0.1023	9.33
	Manejo	0.9969905	6.51	0.0434	16.96
	Planta X Manejo	0.06499764	0.42	0.6830	
<i>Acaulospora</i>	Planta	0.1993514	2.90	0.1665	10.04
	Manejo	0.1093605	0.86	0.3895	13.64
	Planta X Manejo	0.001283091	0.01	0.9901	
<i>Gigaspora</i>	Planta	0.03841926	0.90	0.4756	70.61
	Manejo	0.02931056	6.80	0.0403	23.65
	Planta X Manejo	0.002804775	0.65	0.5552	
<i>Sclerocystis</i>	Planta	0.3527971	2.57	0.1916	33.56
	Manejo	0.006813955	0.28	0.6157	14.56
	Planta X Manejo	0.6991347	28.63	0.0009	

Tabela 7 - Resumo da Análise de Variância (ANAVA); Número de Esporos por Gênero de FMA por 100g de solo (dados transformados em Log (x+1)).

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRAD O MÉDIO	F calculado	SIGNIF.	COEF. DE VARIAÇÃO (%)
<i>Glomus</i>	Planta	0.1599626	16.34	0.0119	3.90
	Manejo	0.1237454	14.07	0.0095	3.70
	Planta X Manejo	0.05000233	5.69	.00412	
<i>Scutellospora</i>	Planta	0.7823685	31.03	0.0037	9.06
	Manejo	0.3460103	16.82	0.0063	8.18
	Planta X Manejo	0.01737132	0.84	0.4768	
<i>Acaulospora</i>	Planta	0.01111544	2.81	0.1731	7.44
	Manejo	0.01944762	1.25	0.3055	4.65
	Planta X Manejo	0.05191360	3.35	0.1055	
<i>Gigaspora</i>	Planta	1.2262227	5.70	0.0674	98.35
	Manejo	0.4400223	2.28	0.1814	93.2
	Planta X Manejo	0.1614342	0.84	0.4768	
<i>Sclerocystis</i>	Planta	0.02120715	0.34	0.7305	25.89
	Manejo	0.1537697	1.65	0.2458	31.74
	Planta X Manejo	0.09113032	0.98	0.4287	

Tabela 8 - Resumo da Análise da Variância (ANOVA) ; NMP pela colonização radicular (dados transformados em (log x)).

VARIÁVEL	FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRAD O MÉDIO	F calculado	SIGNIF.	COEF. DE VARIAÇÃO (%)
Propágulos\100g de solo	Planta	0.2463628	8.41	0.0369	6.81
	Manejo	0.3319782	27.75	.00019	4.35
	Planta x Manejo	0.005243582	0.44	0.6633	

Anexo 2

Figura 1 – Esquema demonstrativo da disposição das diluições para um suporte para 54 tubetes.

4^0	4^{-1}	4^{-2}	4^{-3}	4^{-4}	4^{-5}	4^{-6}	4^{-7}	4^{-8}
4^0	4^{-1}	4^{-2}	4^{-3}	4^{-4}	4^{-5}	4^{-6}	4^{-7}	4^{-8}
4^0	4^{-1}	4^{-2}	4^{-3}	4^{-4}	4^{-5}	4^{-6}	4^{-7}	4^{-8}
4^0	4^{-1}	4^{-2}	4^{-3}	4^{-4}	4^{-5}	4^{-6}	4^{-7}	4^{-8}
4^0	4^{-1}	4^{-2}	4^{-3}	4^{-4}	4^{-5}	4^{-6}	4^{-7}	4^{-8}

Figura 2 - Esquema demonstrativo da disposição dos substratos: material de solo teste (inóculo) e material de solo autoclavado para tubetes de 280 cm³ de capacidade.

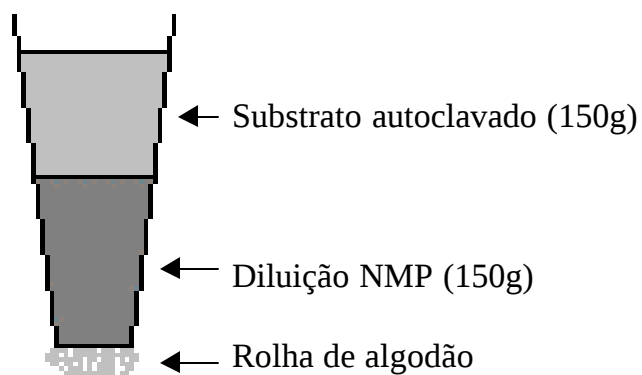


Figura 3: Esquema demonstrativo do preparo das diluições para o bioensaio do NMP (modificado de Sieverding, 1991).

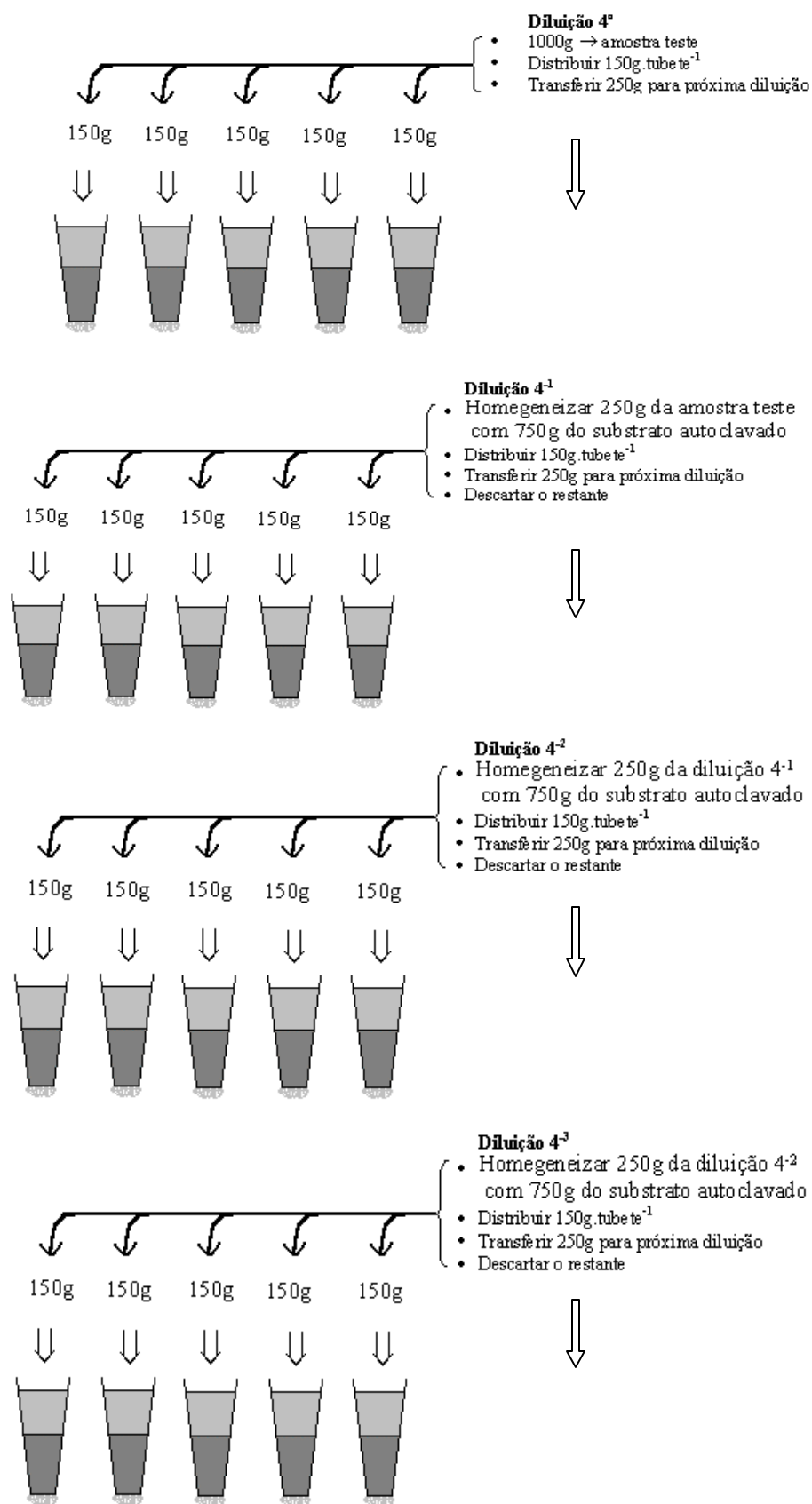


Figura 3
(continuação)

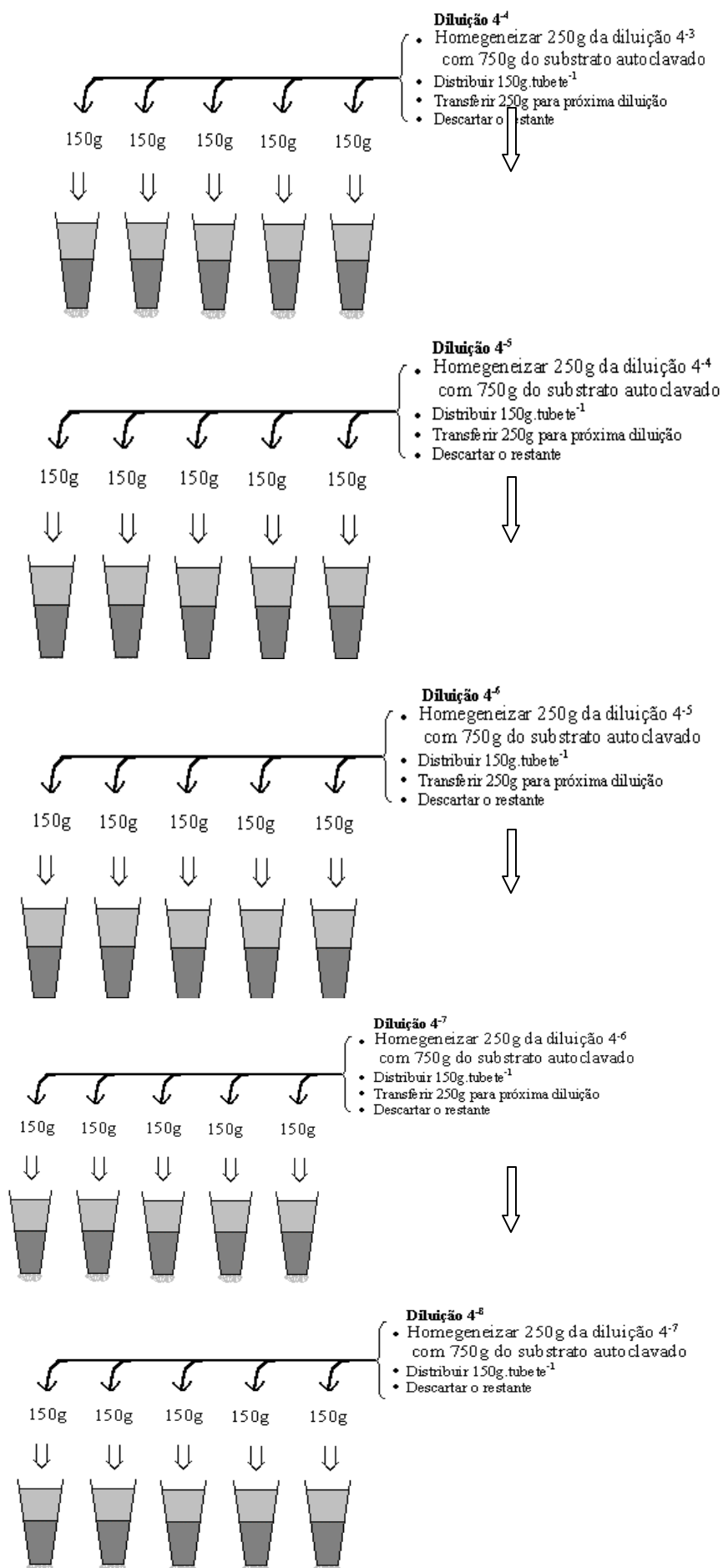


Figura 3 - Esquema demonstrativo do transplântio do sorgo (planta isca), no experimento da capacidade infectiva

