

UFRRJ

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

DISSERTAÇÃO

**Levantamento dos fungos micorrízicos
arbusculares associados a braquiárias em solo sob
cerrado e o efeito de FMA e fósforo no
desenvolvimento e nutrição destas espécies**

Maria da Conceição Sousa Sobrinha

2000



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

**LEVANTAMENTO DOS FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES ASSOCIADOS A BRAQUIÁRIAS EM SOLO
SOB CERRADO E O EFEITO DE FMA E FÓSFORO NO
DESENVOLVIMENTO E NUTRIÇÃO DESTAS ESPÉCIES**

MARIA DA CONCEIÇÃO SOUSA SOBRINHA

*Sob a Orientação do Professor
Robert Michael Boddey*

*e Co-Orientação do Professor
Francisco Adriano Souza*

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

Seropédica.
Setembro de 2000

633.202 Sousa Sobrinha, Maria da Conceição, 1966-
S7251 Levantamento dos fungos micorrízicos
T arbusculares associados a braquiárias em solo sob
 cerrado e o efeito de FMA e fósforo no
 desenvolvimento e nutrição destas espécies/ Maria
 da Conceição Sousa Sobrinha. - 2003.
 48f. grafos., tab.

Orientador: Robert Michael Boddey.
Dissertação (mestrado). Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.
Bibliografia: f. 42-48.

1. Capim-braquiária - Nutrição - Teses. 2. Fungos
micorrízicos - Teses. 3. Solos - Teor de fósforo -
Teses. 4. Cerrados - Teses. I. Boddey, Robert
Michael. II. Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

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

MARIA DA CONCEIÇÃO SOUSA SOBRINHA

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do grau de *Magister Scientiae* em Agronomia.

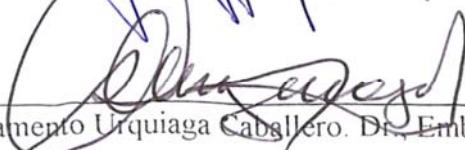
TESE APROVADA EM 29/09/2000



Robert Michael Boddey. Dr., Embrapa Agrobiologia
(Orientador)



Orivaldo Jose Saggin Júnior. Dr., Embrapa Semi-Árido



Segundo Sacramento Urquiaga Caballero. Dr., Embrapa Agrobiologia

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre iluminou meus caminhos;

A minha mãe, irmãos e sobrinhos pelo apoio constante;

A CAPES, pela concessão de bolsa de estudo para realização dos meus estudos de Mestrado em Ciência do Solo e ao PADCT pelo suporte financeiro na realização experimental.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Departamento de Solos e a seus professores.

A Embrapa Agrobiologia.

Aos Professores e pesquisadores Robert Michael Boddey, Francisco Adriano de Souza, Segundo Urquiaga Caballero e Bruno José R. Alves pela orientação e apoio para a realização do presente trabalho.

Ao Pesquisador Orivaldo José Saggin Júnior – Embrapa Semi-Árido, pelo valioso apoio na elaboração e discussão este trabalho.

Ao Pessoal da Casa de Vegetação, em especial, Claudinho, Hélio, Naldo, Serginho e Jorge Carlos, meu muito obrigada pela colaboração.

Ao Pessoal do Laboratório de Nitrogênio (Zé Vicente, Altiberto, Roberto Grécio e Roberto Andrade), de Solos (Selmo, Flávio e Airton) e de Micorriza (Itamar).

Aos amigos que proporcionaram alegria e divertimentos: Antonieta, Alexsandra Valéria, Aimee, Alex, Cláudia Sisti, Diego, David, Elvino, Gustavo Xavier, Jerri, Jorge Fortes, Rogério Xavier, Lindete, Lincoln, Marivaine, Nazaré, Octávio, Priscila, Perin, Polidoro, Robert, Ricardo Tarré, Zé Roberto, obrigada pela amizade.

A todos que fizeram parte deste caminho, mesmo não estando aqui presente.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	Pastagens do Cerrado Central Brasileiro	3
2.2	Solos do Cerrado e a Adsorção de Fósforo	5
2.3	Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAFs)	6
2.4	Estabelecimento dos FMAFs e Funcionamento da Simbiose	7
2.5	Taxonomia de FMAFs	8
2.6	Ocorrência de FMAFs em Solo de Cerrado	10
2.7	Os Benefícios dos FMAFs para as Plantas	11
2.8	Os Benefícios dos FMAFs para a Braquiária	12
3	MATERIAL E MÉTODOS	
3.1	Localização e Caracterização do Sítio de Coleta do Solo Estudado	14
3.2	Estudo I – Levantamento de FMAFs em Pastagens de <i>Brachiaria</i> spp	14
3.3	Estudo II – Resposta de duas Espécies de <i>Brachiaria</i> a Inoculação com FMA e a Adubação Fosfatada	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1	Ocorrência dos FMAFs em Solo de Cerrado sob Braquiárias com Dois Tipos de Manejo na Época Seca	18
4.2	Efeito dos FMAFs e do Fósforo no Desenvolvimento e Nutrição de Duas Espécies de Braquiária no Solo Cerrado	25
5	CONCLUSÕES	39
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 01	Mapa do Brasil destacando em amarelo a área do Cerrado brasileiro	3
Figura 02	Ocorrência geral de gêneros de FMAs em solo do cerrado sob três espécies de braquiárias com dois tipos de manejo na época seca	19
Figura 03	Massa seca da parte aérea de <i>Brachiaria decumbens</i> inoculada ou não inoculada com FMAs em solo não esterilizado (A) e esterilizado (B) com diferentes doses de P aplicado.....	27
Figura 04	Massa seca da parte aérea de <i>Brachiaria brizantha</i> inoculada ou não inoculada com FMAs em solo não esterilizado (A) e esterilizado (B) com diferentes doses de P aplicado.....	28
Figura 05	Concentração de fósforo na espécie <i>Brachiaria decumbens</i> inoculada ou não inoculada com FMAs em solo não esterilizado (A) e esterilizado (B) com diferentes doses de P aplicado.....	32
Figura 06	Concentração de fósforo na espécie <i>Brachiaria brizantha</i> inoculada ou não inoculada com FMAs em solo não esterilizado (A) e esterilizado (B) com diferentes doses de P aplicado.....	33
Figura 07	Fósforo total acumulado na espécie <i>Brachiaria decumbens</i> inoculada ou não inoculada com FMAs em solo não esterilizado (A) e esterilizado (B) com diferentes doses de P aplicado.....	34
Figura 08	Fósforo total acumulado na espécie <i>Brachiaria brizantha</i> inoculada ou não inoculada com FMAs em solo não esterilizado (A) e esterilizado (B) com diferentes doses de P aplicado.....	35

INDICE DE TABELAS

Tabela 01	Nº de esporo de Fungos Micorrízicos Arbusculares em pastagens de <i>Brachiaria brizantha</i> sob dois manejos da pressão de pastejo. Avaliado a partir da esporulação de fungos em culturas armadilhas inoculadas a partir de amostras indeformadas (AI), solo (S), raízes (R) e plântulas (P) da própria espécie de braquiária em estudo	20
Tabela 02	Nº de esporo de Fungos Micorrízicos Arbusculares em pastagens de <i>Brachiaria decumbens</i> sob dois manejos da pressão de pastejo. Avaliado a partir da esporulação de fungos em culturas armadilhas inoculadas a partir de amostras indeformadas (AI), solo (S), raízes (R) e plântulas (P) da própria espécie de braquiária em estudo	21
Tabela 03	Nº de esporo de Fungos Micorrízicos Arbusculares em pastagens de <i>Brachiaria humidicola</i> sob dois manejos da pressão de pastejo. Avaliado a partir da esporulação de fungos em culturas armadilhas inoculadas a partir de amostras indeformadas (AI), solo (S), raízes (R) e plântulas (P) da própria espécie de braquiária em estudo	23
Tabela 04	Taxa de colonização de <i>Brachiaria decumbens</i> inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo	29
Tabela 05	Taxa de colonização de <i>Brachiaria brizantha</i> inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo	29
Tabela 06	Densidade de esporo para espécie <i>Brachiaria decumbens</i> inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo	30
Tabela 07	Densidade de esporo para espécie <i>Brachiaria brizantha</i> inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo	31
Tabela 08	Concentração de macro e micronutrientes na espécie <i>Brachiaria decumbens</i> inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de P aplicado	37
Tabela 09	Concentração de macro e micronutrientes na espécie <i>Brachiaria brizantha</i> inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de P aplicado	38

RESUMO

SOUSA SOBRINHA, Maria da Conceição. **Levantamento dos fungos micorrízicos arbusculares associados a braquiárias em solo sob cerrado e o efeito de FMA e fósforo no desenvolvimento e nutrição destas espécies.** Seropédica: UFRRJ, 2000. 48p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo).

Os estudos foram conduzidos em casa de vegetação da Embrapa Agrobiologia. Os objetivos deste trabalho foram levantar as espécies indígenas de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) em solo de Cerrado sob braquiárias em dois tipos de manejo de pastejo na época seca e o efeito do FMA e do fósforo no desenvolvimento de duas braquiárias no solo cerrado. Para o levantamento das espécies de FMAs foram coletadas amostras de solo indeformadas (AI). Os tratamentos foram três espécies de braquiária (*Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicola*), mantidas com dois tipos de manejo (alta pressão de pastejo e baixa pressão de pastejo) na época seca. Posteriormente, as amostras de solo indeformadas deram origem a quatro fontes de inóculo (AI, Solo, Raízes e Plântulas) para culturas armadilhas. O segundo estudo para observar o efeito do FMA e adubação fosfatada foi em delineamento experimental blocos casualizados, com os seguintes tratamentos: duas espécies de braquiária (*B. decumbens* e *B. brizantha*), cinco níveis de fósforo (0, 24, 70, 145 e 472 mg dm⁻³), solo esterilizado e solo não esterilizado, com e sem *Glomus clarum* Nicolson & Schenck isolado CNPAB 005, em esquema fatorial (5x2x2) com quatro repetições para cada espécie de braquiária separadamente. Os resultados apontam que as espécies de braquiária associam-se com diferentes espécies de FMAs. Verificou-se que os maiores números de espécies de fungos estavam presentes nos tratamentos com AI e nos com Solo para os dois tipos de manejo (alta pressão e baixa pressão de pastejo). Observou-se que o maior número de espécies de FMA encontrado foi do gênero *Acaulospora* e que estava presente em todos os tipos de fonte de inóculo e também com maior número de espécies encontradas (*Acaulospora*). O gênero *Glomus* foi o segundo mais observado neste estudo. Por outro lado foi constatado que algumas espécies de FMAs foram encontradas somente a associadas uma das espécies de braquiária, por exemplo, as espécies *Gigaspora albida*, *Scutellospora cerradensis* e *S. scutata* foram detectadas somente em *Brachiaria decumbens* e *Glomus* sp. ornamentado em *B. humidicola*. Observou-se que outras espécies como *Glomus* (sclerocystis) não foi encontrada em *B. brizantha*, assim como *Gigaspora albida* e *G. gigantea* para *B. humidicola* e *B. decumbens*, respectivamente. O cultivo de plantas-isca por 17 dias nas amostras foi suficiente para isolar espécies de FMAs de rápida colonização. Para o segundo estudo, sobre o efeito do fungo *Glomus clarum* e adubação fosfatada no desenvolvimento das espécies *B. decumbens* e *B. brizantha*, os resultados demonstraram que a produção de massa seca da parte aérea para as braquiárias tiveram o mesmo comportamento em relação a inoculação em função das doses de P aplicada no solo. A aplicação de P no solo aumentou os teores e o acúmulo de P nas duas espécies de braquiária. Houve pouco efeito da inoculação no crescimento e nutrição destes espécies de planta, sugerindo baixa eficiência do fungo inoculado ou pouca dependência das braquiárias aos FMAs.

Palavras chave: *Brachiaria*, amostras indeformadas, *Glomus clarum*.

ABSTRACT

SOUZA SOBRINHA, Maria da Conceição Survey the species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) associated with three species of *Brachiaria* growing in a soil from the Cerrado. Seropédica: UFRRJ, 2000. 48p. (Dissertation, Master Science in Agronomy, Soil Science).

The objectives of this study were to survey species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) associated with three species of *Brachiaria* growing in a soil from the Cerrado region, and to investigate the effect of inoculation of an AMF species and different levels of phosphorus (P) on the growth and P accumulation of *Brachiaria*, grown in the same soil under greenhouse conditions. For the survey of the species of AMF, intact blocks of soil were collected from the field. Three species of *Brachiaria*, *B. decumbens*, *B. brizantha* and *B. humidicola* were planted in soil cores taken from pastures maintained under either high or low grazing pressures. After 17 days of growth for one treatment plantlets were transplanted into autoclaved soil in pot. For the other treatments samples of either root-free soil, or roots or the entire root-soil system were transferred into pots of sterile soil. The results showed that the different *Brachiaria* species associated with different species of AMF. The highest number of fungi species were found to be associated with plant grown in intact soil blocks for both grazing pressure treatments. The most common occurring species were of the genus *Acaulospora* and they were found in all types of inoculum source. Species of the genus *Glomus* were the second most commonly occurring with just 4 species identified (*G. etunicatum*, *G. macrocarpum*, *G. [sclerocystis sp.1]*, *Glomus* sp.). Some fungal species were found to be associated with only one of the three species of *Brachiaria*. For example, *G. albida*, *S. cerradensis* and *S. scutata* were only found to be associated with *B. decumbens*, and the unidentified *Glomus* sp. only found associated with *B. humidicola*. *Glomus sclerocystis* was not found associated with *B. brizantha*, *Gi. albida* and *Gi. gigantea* were not found associated with *B. humidicola*, and *B. decumbens*, respectively. More AMFs were recovered from the cultures of the entire root-soil systems than from the others. To investigate the effect of AMF inoculation on *Brachiaria* at different P levels, two experiments, one for each of two *Brachiaria* (*B. decumbens* and *B. brizantha*) were conducted in greenhouse in pots with following treatments arranged in a 5 x 2 x 2 factorial complete randomised block design with 4 replicates: Five levels of P (0, 24, 70, 145 and 472 mg P dm⁻³ soil); sterilised (autoclaved) soil or non-sterilised soil; Inoculated or non-inoculated with the AMF *Glomus clarion* (Nicolson & Schenck) isolate CNPAB 005. In both sterile and non-sterile soil effects of P and AMF inoculation on dry matter production of the two *Brachiaria* species was very similar: plant dry matter and P accumulation increased at higher rates of P addition and generally there was little or no response to fungal inoculation. However, for both *Brachiaria* species in the non-sterile soil at the lower rates of P addition (24 mg P dm⁻³ soil), the inoculated plants yielded significantly (approximately 3 times) more dry matter than the uninoculated plants. This hypothesis was found to erroneous when it was shown that total P accumulation by the plants at this level of P addition (24 mg P dm⁻³) was not significantly greater in the inoculated treatment.

Key words: *Brachiaria*, soil cores, *Glomus clarum*.

1 INTRODUÇÃO

Os Cerrados ocupam um quarto o território brasileiro (MMA, 1999) e estendendo por mais de 200 milhões de hectares dos quais estima-se que um quarto seja ocupado por pastagens de braquiárias (Sano et al. 2000). Atualmente, a atividade de pecuária bovina no cerrado é responsável por 44% do rebanho nacional (Moreira & Assad, 2000). Um dos grandes problemas que ocorre nesse bioma é a continuidade da agropecuária que ameaça o esgotamento dos recursos naturais das áreas em uso e a ocupação de novas áreas sem antes ter racionalizado o uso das atuais. Isto leva mais de 80% das pastagens plantadas apresentar algum tipo de degradação (Sano et al. 2000). Em termo econômico considerando-se apenas a fase de engorda de bovinos, a produtividade de carne em uma pastagem degradada gira em torno de 2 arrobas/ha/ano, enquanto que numa pastagem em bom estado pode-se atingir 16 arrobas/ha/ano (N MA, 1999).

Além do processo de degradação que ocorre nos Cerrado por falta de um manejo adequado, os solos ali presentes são bastante ácidos e apresentam baixa capacidade de troca de cátions, alta saturação de alumínio, baixa disponibilidade de nutrientes e alta fixação de fósforo. Considerando-se que o fósforo e o nitrogênio são os elementos que mais freqüentemente limitam a produção das pastagens nestes solos, um manejo adequado que favoreça os processos microbiológicos que ocorrem no solo, como as micorrizas arbusculares e a Fixação biológica de nitrogênio (FBN), é de grande interesse para a manutenção ou melhoria da produtividade agrícola e qualidade ambiental.

As MAs são associações mutualísticas entre plantas e fungos da ordem Glomales (Zygomycetes) e tem potencial de ocorrer em mais de 90% das plantas terrestres. Segundo Siqueira & Klauberg Filho (2000) o estudo das micorrizas arbusculares está centrado em seus benefícios para a planta hospedeira, sendo estes nutricionais e não-nutricionais. Sua ação é biofertilizante, biorreguladora e bioprotetora do crescimento da planta.

Se pode prever que o manejo de micorriza será uma prática cada vez mais utilizada à medida em que se amplia no conhecimento sobre a biologia dos fungos simbiontes e seu comportamento com diferentes hospedeiros e manejos culturais para que desta maneira, possa ser oferecido uma tecnologia eficiente, em grande escala e comercialmente rendável. A aplicação dos fungos micorrízicos arbusculares na produção agrícola é ainda muito restrita, mas é viável em certos sistemas como o de produção de mudas ou plantas em substratos inertes ou em solos fumigados em viveiros. A restrição no uso se deve ao fato do fungo ser um biotrófico obrigatório e ainda não foi cultivado em laboratório na ausência de raízes vivas, o que dificulta sua multiplicação e aplicação comercial.

Utilizam-se insumos químicos nas áreas de pastagens nos solos Cerrados, principalmente calagem e adubação fosfatada. Entretanto, a magnitude dos benefícios conferidos pelas micorrizas está relacionada ao manejo desses insumos (Martins et al, 1999). Tem sido observado que a contribuição dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no crescimento de plantas em solos de baixa fertilidade, como os de cerrado, depende da utilização de calagem e de níveis de adubação adequados (Miranda & Miranda, 1997). Diferentes manejos agrícolas alteram também a diversidade de espécies de FMAs (Siqueira et al., 1989), de modo que estudos de ocorrência de Glomales, quantificando, identificando e verificando a distribuição das espécies, são importantes

para se compreender melhor a interação planta-fungo-solo, possibilitar o uso destes fungos em benefício da agricultura e preservar a diversidade das espécies de fungos da ordem Glomales.

Diante dessas considerações, é importante conhecer para o sistema simbiótico “braquiárias-FMAs-solo de Cerrado”, os níveis de fósforo onde a micorrização traga benefícios máximos à planta hospedeira, a vantagem da inoculação artificial sobre a colonização por fungos nativos presente no solo e a influência do manejo das pastagens sobre a população indígena de FMAs.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a ocorrência das espécies indígenas de fungos micorrízicos arbusculares no solo de Cerrado sob braquiárias em dois tipos de manejo de pastejo na época seca e o efeito da inoculação de fungo micorrízico arbuscular no crescimento de braquiárias em diferentes níveis de fósforo em solo esterilizado e não esterilizado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pastagens do Cerrado Central Brasileiro

Os Cerrados, o segundo maior bioma brasileiro (após a Amazônia) ocupam um quarto do território brasileiro (MMA, 1999). Se estendem por mais de 200 milhões de hectares (Figura 01) e estima-se que tenha 50 milhões ha de pastagens de braquiárias (Sano et al. 2000). A região é ocupada com mais de 117 milhões de ha de pastagens nativas e cultivadas e cerca de 13 milhões de ha com produção de grãos (Yokoyama et al., 1995). Atualmente, a atividade de pecuária bovina no cerrado é responsável por 44% do rebanho bovino nacional (Moreira & Assad, 2000). Um dos grandes problemas da pecuária nesse bioma é – esgotamento dos recursos naturais das áreas em uso, forçando a ocupação de novas áreas sem antes ter racionalizado o uso das atuais. Isto leva mais de 80% das pastagens plantadas a apresentar algum tipo de degradação (Sano et al. 2000). Em termo econômico, se considerando apenas a fase de engorda de bovinos, a produtividade de carne em uma pastagem degradada gira em torno de 2 arrobas/ha/ano, enquanto que numa pastagem em bom estado pode-se atingir 16 arrobas/ha/ano (MMA, 1999)

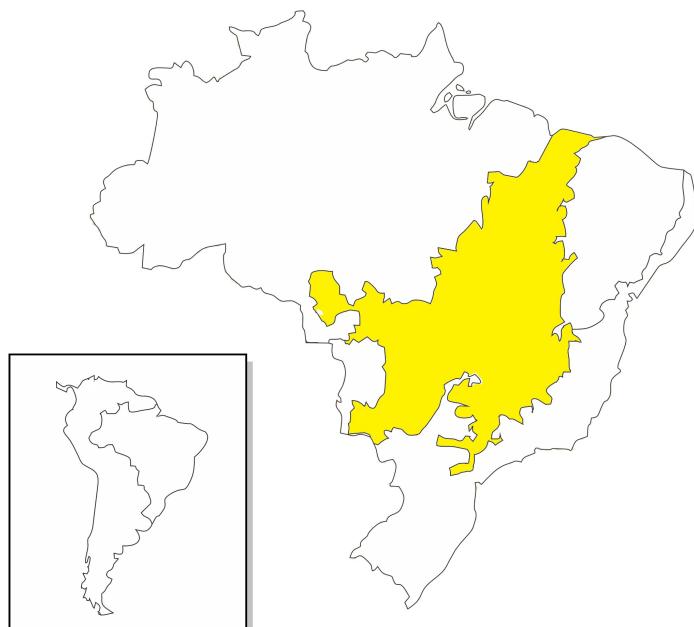


Figura 01 - Mapa do Brasil destacando em amarelo a área do Cerrado brasileiro.

O ciclo das braquiárias no Brasil iniciou-se com *B. decumbens* cvs. IPEAN e Basilisk, *B. ruziziensis* e *B. humidicola*, destacando-se a *B. humidicola* na Amazônia e a *B. decumbens* nas áreas dos cerrados, que apresenta boa produtividade nas condições de solos ácidos e de baixa fertilidade comuns nestas áreas (Zimmer & Euclides Filho, 1997). Pode-se considerar que da área de Cerrados ocupada por espécies forrageiras

introduzidas, 55% são da espécie *Brachiaria decumbens*, 20% de *B. brizantha*, 9% *B. humidicola*, 1% *B. ruziziensis* e *B. dictyoneura* e aproximadamente 15% dos outros tipos de pastagens (Macedo, 1995). No entanto, Zimmer & Euclides Filho (1997) registraram que nos anos mais recentes predomina o interesse pela *B. brizantha* que conquistou nos anos 96/97 mais de 50% do mercado de sementes, sendo que, essa espécie mais a *B. decumbens* e *B. humidicola* perfazem mais de 80% do mercado brasileiro de sementes forrageiras.

As áreas de pastagens cultivadas no Brasil são um importante componente da produção agropecuária em todas as regiões. Sua implantação em áreas do Cerrado tem proporcionado aumentos de 5 a 10 vezes nas taxas de lotação quando comparadas às pastagens nativas dessas áreas (Zimmer & Corrêa, 1993). O menor custo de produção da carne bovina brasileira deve-se ao fato de ela ser basicamente produzida a pasto, com alguma suplementação alimentar, principalmente mineral e, em menor proporção, o uso de forragem conservada ou outros alimentos (Zimmer & Euclides Filho, 1997). Somente nos confinamentos é fornecida uma quantidade apreciável de concentrados. Mesmos nesses, grande parte do volumoso é constituído de forrageira cortada e fornecida no cocho (Euclides Filho, 1996).

A bovinocultura de corte experimentou melhorias sentidas nas propriedades e na região, através da oferta de novas espécies forrageiras; suplementação mineral do rebanho; manejo produtivo e reprodutivo; controle sanitário do rebanho, além de outras técnicas de manejo.

Um dos grandes problemas que vem prejudicando a produção pecuária no cerrado brasileiro é a perda gradual de produtividade das pastagens. Isso decorre, principalmente, pelo manejo animal inadequado e baixa disponibilidade de nutrientes nos solos de Cerrado. Em relação ao manejo animal, à taxa de lotação e pressão de pastejo têm uma relação direta com a produtividade das pastagens, principalmente, quando estas não são manejadas com fertilizantes ou consorciação. Em estudo sobre manejo de braquiárias, as cargas-animal elevadas resultam num declínio acentuado da disponibilidade de matéria seca (Macedo, 1995). O mesmo autor, comentou que a disponibilidade de nutrientes, principalmente do fósforo e nitrogênio são importante no aumento da produção durante a recuperação de pastagens degradadas. Neste sentido, torna-se importante o acompanhamento dos teores de P disponíveis nos solos sob pastagens, assim como, a interação desta disponibilidade com os microrganismos do solo que podem auxiliar as plantas na absorção deste nutriente.

Barcellos (1996) comentou que a exploração da pecuária como extrativismo deflagrou os processos de exaustão e degradação dos solos, condicionando a redução da capacidade produtiva da pastagem, que é a principal ou exclusiva fonte alimentar dos rebanhos. Estima-se que dos 50 milhões de hectares de pastagens cultivadas, cerca de 80% encontram-se em algum estágio de degradação, onde a capacidade de suporte não ultrapassa a 0,8 UA/ha e a produção por hectare não alcança 40 kg de peso vivo/ha/ano, enquanto uma boa pastagem pode suportar mais de 1,5 UA/ha (Oliveira, et al. 1996). A menor taxa de crescimento do rebanho nos Cerrados nos últimos anos pode ser explicada por uma redução na capacidade de suporte das pastagens implantadas nas décadas de 70 e 80 como consequência da degradação das mesmas, principalmente, pela não reposição de nutrientes no solo e pelo sobrepastejo (Zimmer & Euclides Filho, 1997).

A bovinocultura de corte se encontra, portanto, diante de um grande desafio a fim de alcançar sua sustentabilidade e, por consequência, dos demais segmentos da cadeia

produtiva. Para tanto, o setor terá que estar altamente imbuído das premissas de coerência ecológica, equilíbrio energético e viabilidade sócio-econômica, consideradas como a base da sustentabilidade.

2.2 Solos do Cerrado e a Adsorção de Fósforo

Os solos do Cerrado apresentam diferentes classes, entre elas, destacamos os Latossolos (49%), Podzólicos (15%) e Areias Quartzosas (15%). Essas classes correspondem cerca de 80% dos solos encontrados nos Cerrados (Macedo, 1995). Os solos do Cerrado têm em comum as características de baixa fertilidade, elevada acidez, relevo suave e elevada permeabilidade.

Os Latossolos são predominantes na região dos cerrados e apresentam como principais minerais da fração argila, caulinita, gibbsita, hematita e goethita em diferentes proporções (Curi & Franzmeier, 1984), sendo que a goethita revela valores muito altos de adsorção de fosfatos (Resende et al., 1988). Desta forma, além de serem solos ácidos, por serem altamente intemperizados, os solos de Cerrados apresentam baixa disponibilidade de fósforo (P) devido à alta capacidade de fixação destes nutrientes pelos seus minerais, de modo que, quantidades consideráveis de P devem ser adicionadas para satisfazer os requerimentos nutricionais das plantas forrageiras (Costa et al., 1995).

O fósforo adicionado ao solo na forma de fertilizante dissolve-se e entra em solução. Uma parte é absorvida pelos vegetais ou microorganismos, passando a fazer parte da fração orgânica do solo (Stewart & Tiessen, 1987) e o restante é adsorvido pela fase sólida onde fica como P lábil, que com o passar do tempo vai se tornando P não-lábil. Como resultante dessa adsorção, parte do P irá encontrar-se em uma forma que ainda pode ficar disponível à planta (P-lábil) e parte que não voltará a ficar disponível para as plantas, pelo menos em curto prazo (P não-lábil). Conforme há o abaixamento da concentração de P na solução do solo através da absorção, o P lábil solubiliza-se e retorna a ela, podendo ser então adsorvido pelas plantas. Segundo Raij (1991), os fosfatos que reagem com o solo não formam imediatamente ligações muito estáveis, permanecendo por bastante tempo em uma forma lábil. O P lábil, é constituído principalmente de formas fracamente adsorvidas aos componentes do solo responsáveis pela adsorção, que nos solos ácidos são principalmente os óxidos (termo inclusivo para óxidos, hidróxidos e oxihidróxidos de Fe e Al) e as bordas de minerais de argilas.

Adsorção é um termo genérico que indica reações químicas e físicas que ocorrem nas interfaces sólido-líquido do solo (superfícies de separação das duas fases). A superfície sólida (um óxido, por exemplo) é chamada adsorvente e a substância adsorvida (íons fosfato, no caso) é chamada de adsorvato. Na fase inicial há uma rápida adsorção de P no solo por atração eletrostática (Barrow, 1985; Novais & Smyth, 1999), posteriormente ocorre a adsorção em oxihidróxidos por meio de troca de ligantes (Parfitt 1978; Goldberg & Sposito, 1985; citados por Novais & Smyth, 1999). E uma ligação predominantemente covalente (“adsorção específica”), ao contrário do NO_3^- ou do Cl^- , adsorvidos predominantemente por atração eletrostática (“adsorção não-específica”). Outra reação do P que pode ocorrer no solo é a precipitação, que é a reação entre íons metálicos e íons fosfatos com a formação de um novo composto definido com baixa solubilidade. É um processo tridimensional, ao contrário da adsorção, que é bidimensional (Sposito, 1984). Segundo Lopes (1984), o processo de adsorção é mais importante na retenção de fosfatos em solos sob cerrado que o de precipitação.

Os teores de fósforo existentes na solução do solo são, em geral muito baixos, de ordem de $0,1\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de P na solução, isto se deve à baixa solubilidade dos compostos de fósforo e à alta capacidade de adsorção deste elemento pelos colóides do solo (Raij, 1991). O mesmo autor comentou que é evidente que deve haver uma constante reposição do fósforo em solução, que ocorre através da dissolução do fosfato lábil, que está em equilíbrio com o fosfato em solução. Na forma iônica pode-se apresentar como íons ortofosfatos, formas derivadas do ácido ortofosfórico, H_3PO_4 , dependendo das condições de pH, formando os ânions PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} ou H_2PO_4^- sendo que os dois últimos são os de maior ocorrência nos solos ácidos brasileiros (Raij, 1991). Dependendo das condições de pH do meio, o fósforo pode vir a se combinar com diferentes metais, como o cálcio, ferro ou alumínio, ou ainda com a matéria orgânica (Pereira, 1997).

Segundo Novais & Smyth (1999), o acúmulo de P no solo ao longo dos cultivos (“P residual”) tem como causa reações que levam à sua adsorção. Os mesmos citam que isto ocorra particularmente em solos mais intemperizados, que favorecem a adsorção de P, de modo que a planta deixa de acessá-lo, mas ele não se perde do sistema. Acredita-se que, de alguma forma, o P residual poderá voltar a ser utilizado por aquelas plantas ou microrganismos que possam viabilizar sua solubilização, ou tornar-se disponível por alterações físico-químicas no sistema.

A alta capacidade de “fixação” de fosfato e consequente baixa disponibilidade deste nutriente são as principais limitações das pastagens nos solos sob Cerrado, sendo de grande importância processos que permitam a planta forrageira absorver P em concentrações baixas ou que permitam a dessorção (liberação) do P retido pelos colóides para a solução do solo, onde pode ser utilizado pelas plantas. Estes processos podem viabilizar a sustentabilidade das pastagens no Cerrado.

2.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

O solo é um sistema complexo onde existem, de forma ativa ou inativa, milhares de seres microscópicos que interagem de modo intenso com os vegetais, prejudicando-os, beneficiando-os ou mesmo sem provocar efeitos. Aqueles microrganismos que provocam benefícios aos vegetais, garantem o fluxo de energia e a ciclagem dos nutrientes essenciais à vida das plantas, através de seus efeitos na nutrição (efeito biofertilizante) no crescimento (bioestimulante) e na sanidade (bioprotetor) das plantas (Siqueira & Klauberg Filho, 1997).

Entre os microrganismos do solo benéficos aos vegetais encontram-se os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) que formam associações simbióticas mutualistas com as raízes das plantas denominadas micorrizas arbusculares (MAs), que constituem o estado natural da maioria das espécies vegetais nos ecossistemas terrestres (Siqueira & Klauberg Filho, 1997).

Estas simbioses são caracterizadas pelo movimento bidirecional de nutrientes onde os fotossintatos da planta são fornecidos para o fungo e os nutrientes inorgânicos absorvidos pelo fungo são transportados à planta, promovendo uma maior integração entre as raízes da planta e solo. O mutualismo entre os fungos e as raízes resulta de elevada compatibilidade estrutural e fisiológica entre os parceiros e da habilidade dos simbiontes de atuarem de maneira regulável (Siqueira & Klauberg Filho, 1997).

A capacidade de formar este tipo de simbiose restringe-se a um pequeno grupo de fungos, em torno de 150 espécies que pertencem à ordem Glomales. Estes fungos são

simbioses obrigatórios com reprodução assexuada (sem evidência de reprodução sexuada), e ainda não foram cultivados em meios de cultura, na ausência de raízes. Este caráter de biotrofismo obrigatório dificulta os estudos sobre aspectos básicos da sua biologia e limita o uso de técnicas modernas que permitem análise e caracterização genética do fungo e principalmente dos fatores genéticos e genes que controlam sua infectividade (virulência) e eficiência simbiótica (Siqueira, 1991).

Os FMAs são particularmente importantes em condições edáficas estressantes, como solos ácidos e distróficos, como a grande parte dos solos das regiões tropicais, e como são tipicamente os solos do Cerrados. A baixa disponibilidade de nutrientes, aliada à baixa mobilidade de nutrientes importantes como P, Cu e Zn, fazem da micorrização uma condição imprescindível ao desenvolvimento vegetal nestas condições (Silveira, 1998).

2.4 Estabelecimento dos FMAs e Funcionamento da Simbiose

A colonização de uma raiz por um fungo micorrízico é um processo que envolve uma seqüência de etapas reguladas por uma preciosa interação entre o micosimbionte e o fitosimbionte. A formação da associação se inicia a partir da interface formada entre os propágulos do fungo no solo, que podem ser esporos ou micélio fúngico. Estes últimos, genericamente se encontram vinculados a raízes de plantas vivas ou segmentos de raízes infectados (Forero, 1996). O processo de formação e funcionamento das micorrizas ocorre pela interação entre os dois organismos iniciada a partir dos propágulos, que estimulados pelos componentes bióticos dos exsudatos e pelas condições físico-químicas da rizosfera formam as hifas infectivas (Siqueira & Franco, 1988). A infecção ocorre em várias etapas fenológicas distintas com desenvolvimento coordenado e controlado geneticamente por ambos os simbiontes. As hifas infectivas formadas, ao encontrarem as raízes, aderem à sua superfície (epiderme ou pêlos radiculares) e formam um apressório que desencadeiam uma sequência de eventos bioquímicos e morfológicos que conduzem a penetração na raiz e a formação do estado de simbiose mutualista.

Após a penetração, o fungo cresce inicialmente entre as células corticais, mas logo penetra na parede da célula do hospedeiro e cresce dentro da célula formando “hifas enoveladas” nas camadas mais externas do córtex, diferenciando-se em arbúsculos, nas camadas mais internas, e, posteriormente, em vesículas e esporos (Siqueira et al. 1988).

Segundo Siqueira & Klauberg Filho (1997), os arbúsculos são estruturas intracelulares onde ocorre a troca de metabólitos, representando as bases funcionais do “mutualismo recíproco” resultando no micotrofismo (absorção de nutrientes pelas raízes, via fungo) e biotrofismo (fluxo de fotossintatos do hospedeiro para o fungo). É importante observar que nesta associação nem a parede da célula do fungo, nem a membrana plasmática da célula da planta hospedeira são rompidas. Na célula, a membrana plasmática do hospedeiro invagina-se envolvendo todo o arbúsculo e criando um novo compartimento, um espaço apoplástico que impede o contato direto entre o citoplasma da planta e o citoplasma do fungo, mas permite a transferência eficiente de nutrientes entre os simbiontes.

Segundo Forero (1996), os arbúsculos são estruturas que se originam a partir da ramificação dicotómica repetida de uma hifa no interior da célula vegetal. A presença desta estrutura é um indicativo de atividade metabólica associada ao transporte de substâncias entre os simbiontes e de funcionamento da simbiose. Posteriormente a formação de arbúsculos, o micélio acumula reserva de carbono em forma de lipídios, o

que se manifesta mediante o aparecimento das estruturas de reserva conhecidas como vesículas. A infecção micorrízica formada pelos fungos dos gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora* não apresentam vesículas. Nestes gêneros estão presentes estruturas extraradiculares conhecidas como células auxiliares, consideradas como análogas às vesículas intraradiculares (Morton, 1990).

Segundo Siqueira & Franco (1988), o estabelecimento do fungo representa um dreno no fluxo de fotossintatos da parte aérea para as raízes, onde a maior parte é respirada pelo sistema micorrízico para obtenção de energia de manutenção e crescimento. O restante é imobilizado na forma de açúcares e lipídios na massa fúngica intra e extraradicular. Os mesmos autores comentaram que os benefícios da simbiose para a planta dependem do balanço entre o dreno de fotossintatos, causado pelo fungo, e sua capacidade em favorecer o crescimento da planta, entre elas destaca-se a maior absorção de P do solo. As hifas absorvem o P da solução do solo por um processo ativo, após absorvido o P inorgânico é convertido em grânulos de polifosfato nos vacúolos e transportado pela corrente citoplasmática até as vesículas, onde é hidrolisado pelas fosfatases em novamente fosfato inorgânico que é então transferido para a célula vegetal. Esse processo de transferência é mediado por sistemas tipo ATPases/bomba de próton. O fosfato inorgânico transferido para a planta é transportado até o xilema e translocado para outras partes, principalmente para as folhas, onde desempenha papel de grande importância no controle da colonização radicular e do benefício da associação. Simultaneamente e em sentido oposto, ocorre a transferência de carboidratos oriundos da fotossíntese, que atingem as raízes via floema, na forma de sacarose. Nas raízes, a sacarose é hidrolisada pela invertase e os monômeros (glicose e frutose) ou seus derivados, são transferidos para o fungo, via arbúsculos.

O P é o elemento modulador da simbiose, determinando o grau de colonização das raízes e a resposta à micorrização (Siqueira & Klauberg Filho, 1997). O excesso de fósforo no solo inibe o processo de colonização das raízes que reduzirá a produção de esporos (Adriano et al., 1999). Segundo Mosse (1973), o decréscimo da infecção micorrízica em plantas crescidas em solos com alto nível de P tem sido atribuída mais às concentrações supra-ótimas deste nutriente nos tecidos das plantas do que às concentrações do solo. A mesma situação foi citada por Aziz et al. (1990), que verificaram que o aumento nos níveis de P do solo diminuiu significativamente a colonização das raízes de abacaxi, desaparecendo as diferenças entre mudas inoculadas e não inoculadas. Observaram, também, que o estímulo do fungo ao crescimento das mudas só foi possível em níveis muito baixos de P (0,003 mg/L) na solução do solo.

Além do P, vários fatores interferem no estabelecimento da micorriza, mas as características do solo desempenham o papel mais importante (Silveira, 1998). Variações nos níveis de pH, umidade, salinidade e, principalmente, de fertilidade afetam de forma drástica os processos de infecção, colonização e esporulação. A calagem, por exemplo, pode modificar acentuadamente a composição das populações de FMAs nos solos de Cerrado sob braquiária (Siqueira et al., 1990).

2.5 Taxonomia de FMAs

A taxonomia do FMAs é marcada por pesquisas recentes, sendo modificada a luz de novas descobertas. Há apenas dez anos Morton e Benny (1990), com base no hábito simbótico destes fungos, agrupou-os em uma nova ordem. Glomales pertencente à

classe dos Zygomycetes. Com base na morfologia das estruturas fúngicas, os autores distribuíram os FMAs em duas subordens, Glomineae e Gigasporineae, tendo a primeira duas famílias, Glomaceae e Acaulosporaceae, e a segunda apenas uma família, Gigasporaceae. Cada família possuía dois gêneros, *Glomus* e *Sclerocystis*, *Acaulospora* e *Entrophospora* e *Gigaspora* e *Scutellospora*, respectivamente. Atualmente, baseado nas informações filogenéticas obtidas com dados morfológicos e moleculares, Redecker et al. (2000a) concluíram a transferência iniciada por Almeida e Schenck (1990), transferindo totalmente as espécies do gênero *Sclerocystis* para o gênero *Glomus*. Foram ainda criadas duas novas famílias em Glomales, Archaeosporaceae e Paraglomaceae, cada uma com um gênero, *Archaeospora* e *Paraglomus*, respectivamente (Morton e Redecker, 2000). Estas famílias têm uma posição filogenética ancestral às famílias Acaulosporaceae e Glomaceae (Redecker et al., 2000b).

A identificação dos FMAs é feita principalmente com base em caracteres morfológicos, histoquímicos e ontogenéticos dos esporos. Os esporos são produzidos após a colonização radicular, dentro e/ou fora das raízes, na região da rizosfera e a esporulação no solo é extremamente variada, dependendo da espécie fúngica e do ecoagrossistema (Colozzi-Filho & Balota, 1997).

A identificação da espécie pode ser feita através da observação das características externas, como forma, diâmetro e cor do esporo, comprimento da hifa de sustentação e ornamentação externa da parede, observam-se, também, características internas, como conteúdo e paredes dos esporos. A caracterização das paredes divide-se em grupos, tipos, números, espessura, elasticidade e reação ao reagente de Melzer (Colozzi-Filho & Balota, 1994). Outras estruturas (arbúsculos, hifas e vesículas) raramente são usadas para o reconhecimento taxonômico das espécies (Carrenho, 1998) pois apenas resolvem grupos mais elevados na hierarquia de classificação. A formação de arbúsculos é estável em todos os taxa sugerindo uma origem monofilética da ordem. Porém, os arbúsculos apresentam duas morfologias distintas dentro de cada subordem: em Gigasporineae, o arbúsculo tem uma base grossa e se ramifica abruptamente, enquanto que essa ramificação é gradual em Glomineae. Além disso, células auxiliares são formadas apenas em Gigasporineae ao passo que vesículas são formadas apenas em Glomineae (Stürmer, 1998). Este autor comenta também que as divergências são congruentes na estrutura subcelular dos esporos sugerindo que a ordem Glomales tenha origem polifilética. Anteriormente a esse estudo, todas as estruturas subcelulares dos esporos eram tratadas de forma equivalente como se representassem caracteres homólogos entre as famílias em Glomales. Contudo, estudos ontogenéticos demonstram que o modo de formação dos esporos separa as três famílias em Glomales através das estruturas subcelulares independentes dos esporos (parede do esporo, paredes internas flexíveis e estrutura de pré-germinação) e definem os gêneros. Em Gigasporaceae, a parede dos esporos é formada sempre por duas camadas permanentes e 1-3 paredes internas são sintetizadas posteriormente (no gênero *Scutellospora* apenas 1). Em Glomaceae, apenas a parede dos esporos é presente sendo composta por 1-4 camadas com fenótipos variáveis que podem ou não estar presentes em esporos maduros. Em Acaulosporaceae, a formação dos esporos é precedida pela síntese de um sáculo esporífero. A parede dos esporos é composta de 2-3 camadas e uma ou três paredes internas podem estar presentes.

Colozzi-Filho & Balota (1994) descrevem os gêneros de FMAs diferenciando-os por características externas do esporo e por sua formação:

- a) *Acaulospora* e *Entrophospora* apresentam esporos ectocápicos, produzidos na base de vesículas formadas por uma expansão terminal da hifa, a qual se esvazia para formar o esporo. A diferença básica entre *Acaulospora* e *Entrophospora* é que, no primeiro, o esporo é formado lateralmente à hifa, enquanto, no segundo, sua formação ocorre no sentido longitudinal da hifa. Os esporos podem manter fragmentos da vesícula-mãe, porém, muitas vezes, ocorrem sésseis no solo.
- b) *Glomus* forma **clamidósporo** isolado ou em esporocarpo, com hifa de sustentação reta ou afunilada, que permanece ligada ao esporo na maturidade. Quando os clamidósporos são dispostos, lado a lado, ao redor de um plexo de hifa terminal, na forma de esporocarpo, eram classificados no gênero *Sclerocystis*.
- c) *Gigaspora* e *Scutellospora* formam azigosporos ectocápicos laterais ou terminalmente à hifa, apresentando hifas suspensoras em forma de bulbo. A diferenciação ocorre porque *Scutellospora* apresenta o escudo de germinação, por onde emerge o tubo germinativo.

2.6 Ocorrência de FMAs em Solo de Cerrado

Segundo Miranda & Miranda (1997) a densidade populacional de FMAs nativos nos diferentes ecossistemas naturais na região dos Cerrados é baixa, porém, variada. Em geral, observa-se um acréscimo gradativo do número de esporos no solo a partir do início do período chuvoso, seguido de decréscimo no período seco. Os mesmos autores estudando a variação sazonal e quantitativa de esporos de FMAs nativos em Latossolo Vermelho-Escuro com cerrado natural, pastagem com andropogon, pastagem consorciada e soja, observaram que nas áreas com soja, o acréscimo do número de esporos foi menor, mas relativamente mais estável durante o ano, enquanto nas áreas com andropogon e pastagem consorciadas, a variabilidade no número de esporos foi maior em função da alternância dos períodos chuvoso e seco. A utilização de práticas agrícolas como o cultivo de plantas para adubação verde pode, também, aumentar o número de esporos dos FMAs em solos de Cerrado. Verificou-se acréscimo significativo da densidade de propágulos dos FMAs em solo do cerrado, após o cultivo e incorporação de mucuna e soja, o qual se acentuou no segundo plantio com a cultura do milho. Segundo Schenck et al. 1989 o cultivo de solos de cerrado, aumenta a colonização e a densidade total de esporos, mas reduz a diversidade de espécies. Siqueira & Klauberg Filho (1997) comentaram que neste sistema existe uma forte dominância de poucas espécies; contribuindo para a baixa eficiência das MAs para as culturas.

A ocorrência de FMAs é generalizada em solo Cerrado, sendo verificados em *Brachiaria decumbens* (Miranda, 1981), café (Fernandes & Siqueira, 1989; Balota & Lopes, 1996), *Aristida setifolia* Kunth (Martins et al., 1999) e em vários outros ecossistemas e agrossistemas deste bioma (Siqueira et al., 1989).

Trufem & Bononi (1984) estudaram os aspectos ecológicos das micorrizas arbusculares em culturas introduzidas em áreas de cerrado. As espécies de FMAs que ocorreram em todos ou quase todos os hospedeiros, durante todo o ano, foram consideradas como sem especificidade e com grande adaptação às condições ecológicas locais. Outras que ocorreram em grande número, em alguns hospedeiros e em determinadas épocas do ano foram consideradas com especificidade e com pouco poder

competitivo, visto que sua ocorrência pode estar relacionada com circunstâncias ecológicas especiais. Já as apresentaram baixo número, mas ocorreram em vários dos hospedeiros estudados e em várias épocas do ano foram consideradas espécies sem especificidade de hospedeiros e com pouco poder competitivo. E as espécies de FMAs que ocorreram com baixo número de esporos, poucas vezes ao ano em um ou poucos hospedeiros estudados foram consideradas, por se tratarem de espécies com baixo poder competitivo e pouca adaptação às condições ecológicas locais.

Em diversos levantamentos feitos em lavouras cafeeiras na área dos Cerrados os gêneros de maior ocorrência foram *Acaulospora* seguido de *Glomus*, possuindo os outros gêneros baixos índices de ocorrência (Saggin Júnior e Siqueira, 1996). A composição de espécies das populações nativas de solo de Cerrado pode ser modificada pela prática da calagem, entre outras práticas de manejo. Siqueira et al. (1990), estudando três populações de fungos indígenas isoladas de áreas de Cerrado e duas populações isoladas de outro bioma, verificaram que a composição delas modificava muito quando elas foram colocadas em solo de Cerrado com diferentes níveis de calagem cultivada com braquiária. Em uma das populações estudadas, isolada de pastagens do Cerrado, as espécies *Gigaspora margarita*, *Glomus occultum* e *Glomus diaphanum* eram predominantes após o cultivo de braquiária em solo sem calagem. A dominância destas espécies diminuiu com o aumento dos níveis de calagem passando a predominar *Glomus etunicatum* nas doses mais elevadas de calcário. Em uma outra população de Cerrado, oriunda de uma área em que a vegetação nativa tinha sido recém-desmatada, verificou-se a ocorrência de *Acaulospora morrowae* que se mostrou insensível aos níveis de calagem, predominando na braquiária cultivada em todos os níveis de calcário. São poucos os trabalhos que avaliam a ocorrência de FMAs em braquiárias, inexistindo trabalhos específicos de levantamento de FMAs nesta gramínea cultivada no Cerrado.

2.7 Os Benefícios dos FMAs para as Plantas

Os efeitos dos FMAs em promover o crescimento das plantas são nutricionais e não nutricionais (Siqueira & Saggin-Júnior, 1995), sendo os nutricionais: a) aumento na absorção de nutrientes; b) utilização de algumas formas de nutrientes não disponíveis às plantas; c) armazenamento temporário de nutrientes na biomassa fúngica evitando fixação ou lixiviação; d) favorecimento de microrganismos benéficos a nutrição como os é o caso da nodulação e fixação de N₂; e) amenização dos efeitos adversos (pH, Al, Mn e outros) na absorção de nutrientes, e os não nutricionais: a) favorecimento na relação água-planta; b) produção e acúmulo de substâncias de crescimento; c) redução dos danos causados por patógenos; d) maior tolerância à estresses ambientais e fatores fitotóxicos e e) melhoria da agregação do solo.

Entre tantos, o maior benefício que a associação micorrízica proporciona é mesmo o de aumento da absorção de nutrientes do solo, principalmente do fósforo, por ser um nutriente escasso e pouco móvel no solo. A associação micorrízica não substitui a adubação fosfatada, mas aumenta a eficiência de utilização pelas plantas do fósforo natural ou do adicionado ao solo através da adubação (Miranda & Miranda, 1997). Isto se deve ao fato de o micélio externo do fungo ampliar a superfície de contato com o solo (superfície de absorção) além de ampliar o volume de solo explorado e de alcançar nutrientes em sítios inacessíveis ao diâmetro das raízes.

Outros nutrientes como K, N, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Mn, Cu e B podem também em certas circunstâncias ter sua absorção favorecida pelos FMAs, desde que sejam escassos de modo que uma maior área de contato com o solo amplie sua absorção ou que seu transporte até as raízes seja mais rápido via hifa do que via solo.

2.8 Os Benefícios dos FMAs para a Braquiária

Siqueira & Moreira (1996) comentaram a importância dos FMAs na agricultura em termos de fornecimento de P para algumas culturas no Brasil. Para braquiárias foi equivalente a adição de 20 kg ha⁻¹ por ser planta menos dependente da micorrização. Para os estilosantes o equivalente a mais de 200 kg ha⁻¹ por ser planta altamente dependente da micorrização. Quanto menos fósforo é necessário para substituir a micorrização menos dependente é a planta (Janos, 1988). A braquiária é pouco dependente porque possui um sistema radicular eficiente na absorção de P, não necessitando da simbiose micorrízica para a nutrição fosfatada quando cerca de 20 kg ha⁻¹ de P é aplicado ao solo (Siqueira e Moreira, 1996).

Entretanto mesmo plantas consideradas pouco dependentes ao micotrofismo, como a braquiária, podem beneficiar-se desta simbiose, apresentando grandes respostas à inoculação, quando se trata de solos com elevada capacidade de retenção de fosfatos. Saif (1987) estudando 4 espécies de braquiária verificou que todas apresentavam grandes respostas a inoculação de FMAs em um Latossolo ácido da Colômbia. A magnitude das respostas, em percentagem sobre o controle não inoculado, foi de 76% para *B. humidicola*, 82% para *B. dictyoneura* e de 94% para *B. brizantha* e *B. decumbens*. Esta grande resposta da braquiária a inoculação torna viável o uso da tecnologia micorrízica em pastagens no Cerrado (Howeler et al., 1987).

Alves (1988) trabalhando com braquiária e estilosantes, evidenciou o potencial das micorrizas para melhoria da eficiência de utilização de P aplicado nos solos ácidos e com elevada capacidade de fixação de fosfatos. O autor verificou que a utilização de formas de P pouco disponíveis no solo, depende da espécie vegetal, do tipo de solo e da presença de micorrizas. Plantas micorrizadas utilizaram mais P das frações pouco disponíveis no solo, tanto na forma P-Al quanto na forma P-Fe, inferindo que plantas micorrizadas utilizaram mais o P- Al do que P- Fe, embora plantas de braquiária micorrizadas pareceram absorver também P- Fe.

As braquiárias são plantas consideradas micotróficas facultativas. De acordo com a dependência micorrízica, as plantas podem ser agrupadas em **a) micotróficas obrigatórias:** aquelas que têm crescimento extremamente reduzido na ausência de micorrizas, mesmo em solo considerado fértil; **b) micotróficas facultativas:** aquelas que possuem estratégias eficientes de absorção de nutrientes, beneficiando-se da associação quando os nutrientes são escassos ou em condições estressantes ao crescimento. As gramíneas, em geral, são consideradas pertencerem a esse grupo (Janos, 1980); **c) não micotróficas:** são aquelas plantas que não formam micorrizas ou possuem infecção “passiva”. Não dependem e não se beneficiam da associação com os fungos sendo exceções na natureza, já que o fenômeno está restrito a algumas famílias, gêneros ou espécies, sendo considerado um fenômeno de evolução recente (Trappe, 1987).

Entretanto, a resposta das plantas aos FMAs, ou seja o benefício em crescimento que as plantas obtém da inoculação com FMAs, independe dela ser micotrófica facultativa ou micotrófica obrigatória. Saggin Júnior (1997) verificou que certas espécies

florestais que se apresentavam como micotróficas obrigatórias, pois só respondiam a adubação fosfatada na presença de micorrizas, podiam ou não apresentar grandes respostas em crescimento a presença de FMAs. Enquanto que espécies florestais consideradas micotróficas facultativas, pois cresciam bem sem micorrizas quando eram fornecido P, geralmente apresentavam grandes respostas em crescimento a inoculação de FMAs em condições de baixo P disponível, sendo esta resposta muitas vezes de maior magnitude que as apresentadas pelas espécies micotróficas obrigatórias. Isto sugere que mesmo a braquiária sendo uma planta micotrófica facultativa, ela pode se beneficiar bastante da simbiose, apresentando grandes respostas a inoculação com FMAs, desde que a fertilidade do solo em que ela se encontra seja baixa.

Alves (1988) relatou que a braquiária sem micorriza é eficiente em absorver P do solo, particularmente em dose mais elevada, evidenciando a baixa dependência micorrízica desta gramínea, mas mesmo assim, a braquiária beneficiou-se da micorrização, independentemente do solo e dose de P aplicada, evidenciando ser uma planta responsiva a inoculação. Carneiro et al.(1999), verificaram-se inoculação de FMAs e a aplicação de P atuam de modo sinergístico no estabelecimento de braquiária e estilosantes num latossolo vermelho escuro desprovido de vegetação oriundo de área de empréstimo mas os efeitos da inoculação de braquiária e estilosantes tenderam a diminuir com os cortes, indicando benefícios crescentes dos fungos nativos já presentes no solo.

Segundo Colozzi-Filho & Balota (1994), as gramíneas do tipo *Brachiaria* spp. têm sido preferencialmente utilizadas como hospedeiro em vasos de cultivo e multiplicação de FMAs nas nossas condições, porque são colonizadas pela maioria dos FMAs, são adaptadas à grande parte das regiões brasileiras, possuem sistema radicular ramificado e abundante, crescem em solos de baixa fertilidade e resistem a um grande número de pragas e doenças. Desta forma a braquiária é uma planta que pode ser inoculada com praticamente qualquer espécie de FMAs, desde que conheça-se de antemão a eficiência simbiótica da espécie que se está inoculando. Este é o caso do fungo *Glomus clarum* apresenta uma alta eficiência simbiótica com várias culturas, entre elas, têm-se algodão, abacate, mamoeiro, mangueira, café, citros.

As braquiárias são plantas eficientes na multiplicação dos FMAs, podendo aumentar sua fonte de inóculo e assim favorecer a sua colonização. Caso o fungo seja eficiente e a fertilidade do solo seja baixa, estas gramíneas se beneficiam das MAs formadas melhorando sua nutrição e produção. Isso pode explicar a elevada adaptabilidade desta gramínea aos solos ácidos e deficientes em P encontrados nos trópicos (Howeler et al., 1987).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Embrapa-Agrobiologia, no município de Seropédica (RJ).

3.1 Localização e Caracterização do Sítio de Coleta do Solo Estudado

O solo utilizado no estudo foi coletado em junho de 1998, de um experimento instalado na Fazenda Agropecuária Lopes em Santo Antônio - GO, localizada ao lado da Embrapa Arroz e Feijão, no km 12 da Rodovia Goiânia - Nova Veneza ($16^{\circ}28'00''S$, $49^{\circ}17'00''W$, Alt. 823m), localizada em área de Cerrado no Planalto Central brasileiro. O clima da região nas áreas de cerrado tem como principal característica a concentração da precipitação que varia de 1.200 a 1.800 mm/ano, média de 1478 mm, com período mais seco de abril a setembro, e mais de 70% da precipitação ocorrendo de novembro a março. O solo da área é um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa. A vegetação atual é composta de pastagens, com espécies de *Brachiaria* spp. A vegetação nativa anterior à implantação das pastagens era composta de mata fechada (Cerradão).

A área foi desmatada em 1989 e 1990, removendo-se os resíduos e implantando-se as pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Brachiaria humidicola* (ambas implantadas em 1989) e *Brachiaria decumbens* Basilisk. (1990), divididas em piquetes.

3.2 Levantamento de FMAs em Pastagens de *Brachiaria* spp.

O estudo foi feito em uma área total de pastagem de 24 ha, dividida em 6 piquetes, sendo 2 piquetes de 4,25 ha de *Brachiaria humidicola*, 2 piquetes de 2,56 ha de *B. brizantha* e 2 piquetes de 4,25 ha de *B. decumbens*. Em um dos piquetes, a altura das plantas tem sido mantida alta (~ 30 cm de altura) manejando-se a área com baixa pressão de pastejo e no outro a altura das plantas é mantida baixa (~ 15 cm) manejando-se com alta pressão de pastejo. A pressão de pastejo é definida como sendo a relação entre unidade animal (450 kg de peso vivo) e o peso de matéria seca de forragem por área por tempo (UA/kg ou tonelada de forragem/ha/ano), é um indicador que relaciona a necessidade animal com a disponibilidade de alimento (Oliveira, 2000).

Cada piquete foi dividido em quatro áreas imaginárias iguais (I, II, III e IV) para servir de repetições sendo retiradas aleatoriamente de cada área três amostras indeformadas (1, 2, 3) coletadas próximo a touceiras de braquiárias. Amostrou-se nas três espécies de braquiária, e nas duas pressões de pastejo.

As amostras de solo indeformadas foram coletadas na época seca (setembro/98) utilizando-se anéis cilíndricos (7,4 cm de diâmetro por 7,8 cm de altura) de 335 cm³. Os cilindros contendo as amostras indeformadas foram transportados para a Embrapa Agrobiologia e armazenados em sacos plásticos, a temperatura ambiente por seis meses até o momento da montagem do experimento, para evitar que certas espécies de *Acaulospora* apresentassem esporos dormentes (Tommerup, 1983; Gazey et al., 1993).

Inicialmente, nas amostras de solo indeformadas contida nos cilindros foram semeadas as espécies de braquiária originalmente presente na área da amostragem como plantas-isca e cultivadas por 17 dias após a semeadura. antes que fossem utilizadas como

fonte de inóculo para culturas armadilhas. Uma das três amostras de solo indeformadas de cada repetição foi fracionada em plântulas recém germinadas, a outra, em raízes proveniente do campo e em solo, e cada uma destas frações foi utilizada como fonte de inóculo para as culturas armadilhas. Também utilizou-se a terceira amostra de solo indeformada intacta como fonte de inóculo. As raízes das plântulas recém germinadas e as raízes provenientes do campo obtidas da amostra de solo indeformada fracionada foram bastante lavadas para retirar o solo que estava aderido, antes de ser utilizada como inóculo. De cada repetição, amostra de solo indeformada intacta foi transplantada para os vasos. Essas amostras foram cuidadosamente retiradas dos cilindros e transplantadas para vasos de plásticos de 1 kg e completados com solo esterilizado.

O solo para preenchimento dos vasos para este estudo foi retirado da camada arável (0 a 20 cm) em piquetes cultivados com braquiárias também da Fazenda Agropecuária Lopes. Esse solo foi destorrado e peneirado em malha de 2 mm, e em seguida, esterilizado em autoclave a 110°C, por duas horas, a vapor fluente e pressão de 1,5 atm., sendo esta operação repetida no dia seguinte. Posteriormente, o solo autoclavado foi seco em estufa A. 65°C.

O solo utilizado neste estudo apresentou as seguintes características químicas antes da autoclavagem: pH em H₂O = 5,5; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³ (extração por KCl 1N); Ca = 2,4 cmol_c dm⁻³ (extração por KCl 1N); Mg = 0,7 cmol_c dm⁻³ (extração por KCl 1N); K trocável = 137 mg kg⁻¹ (extração por Mehlich 1), P = 1,6 mg kg⁻¹ (extração por Mehlich 1) e Mn = 7,10 mg kg⁻¹ (extração por DTPA). Após autoclavagem, os resultados foram: pH em H₂O = 4,8; Al = 0,2 cmol_c dm⁻³; Ca = 2,0 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,0 cmol_c dm⁻³, K trocável = 101 mg kg⁻¹, P = 1 mg kg⁻¹ e Mn = 32,66 mg kg⁻¹ todos determinados conforme métodos descritos em Embrapa (1998). Os resultados da análise granulométrica são os seguintes: argila total, 52%, areia fina, 21%, areia grossa, 20% e silte, 7%.

As culturas armadilhas com raízes e com solo obtidos da amostra indeformada fracionada conforme descrito anteriormente, foram semeadas com as respectivas espécies de braquiárias originalmente presente nos piquetes no campo. As culturas armadilhas foram multiplicadas por seis meses em casa de vegetação. Após a multiplicação os esporos foram extraídos do solo e separados em grupos de acordo com forma, tamanho e cor em microscópio estereoscópico e, posteriormente, foram montados em lâmina para identificação das espécies em microscópio ótico.

A extração dos esporos foi feita utilizando-se a técnica do peneiramento úmido de acordo com Gerdemann & Nicolson (1963) em peneiras de malha de 0,42 e 0,053 mm de diâmetro e centrifugação a 2000 rpm em água e em sacarose a 45% (Daniels & Skipper, 1982), por dois e três minutos, respectivamente. A identificação das espécies foi baseada em critérios morfológicos, conforme Schenck & Perez (1987) e Morton & Benny (1990), sob microscópio óptico, após a fixação dos esporos em PVLG ou PVLG mais reagente de Melzer.

3.3 Resposta de Duas Espécies de *Brachiaria* a Inoculação com FMA e a Adubação Fosfatada

O estudo foi conduzido em casa de vegetação com duas espécies de braquiárias (*B. decumbens* e *B. brizantha*), em delineamento experimental blocos casualizados, com os seguintes tratamentos: cinco níveis de fósforo (0, 24, 70, 145 e 472 mg.dm⁻³), solo

autoclavado ou solo nativo (não autoclavado) e com e sem a inoculação com o FMA *Glomus clarum* Nicolson & Schenck isolado CNPAB 005 (previamente multiplicado em *Brachiaria decumbens* Stapf, cultivado em vasos) em esquema fatorial (5x2x2) com quatro repetições, totalizando 80 unidades experimentais para cada espécie de braquiária. Cada unidade experimental consistiu de um vaso com capacidade para 1,0 kg de solo seco.

A escolha dos níveis de P (0; 24; 70; 145; 472 mg dm⁻³) foi feita pelo método do Fósforo Remanescente (P-rem) de Alvarez et al. (2000). Nesta metodologia uma amostra de 5g de solo é agitada com 50 ml da solução de CaCl₂.2H₂O 10 mmol contendo 60 mg L⁻¹ de P (KH₂PO₄). O fósforo remanescente na solução de CaCl₂.2H₂O é determinado por colorimetria pela metodologia de Murphy & Riley (1962). Segundo a descrição de Alvarez et al. (2000), este solo apresenta alta adsorção de P (4-10 mg/L) e os tratamentos de fósforo deveriam ser aplicados dentro de uma amplitude das doses de 0 a 560 mg.dm⁻³ de forma que utilizou-se Superfosfato Simples sendo aplicado 0,0; 0,30; 0,89; 1,80 e 6,00 g/kg de solo, deixando-se incubado por mais de 15 dias.

A inoculação de *Glomus clarum* foi feita adicionando 50 ml/vaso de solo inóculo contendo 1460 esporos além de raízes colonizadas e hifas. O inóculo foi colocado numa camada uniforme cerca de 5 cm abaixo da superfície e imediatamente foi repicada uma plântula pré-germinada por vaso. Foi aplicado em todos os vasos 10 ml de um filtrado isento de propágulos de FMAs preparado com inóculo e com o solo nativo visando padronizar a microbiota da rizosfera entre os tratamentos.

As plântulas das espécies de braquiárias utilizadas foram obtidas de sementes desinfestadas superficialmente com hipoclorito de sódio 1% por 5 minutos, sendo em seguida lavadas repetidas vezes com água destilada e colocadas a germinar em casa de vegetação dentro de bandejas com capacidade de 2 litros, contendo areia e vermiculita, previamente peneirada e autoclavada.

As plantas foram cultivadas por 50 dias após a repicagem das plântulas, sendo o solo irrigado diariamente e a umidade do solo controlada por pesagens periódicas, adicionando-se água destilada para manter a umidade do solo próxima a 80% da capacidade de campo. Após quinze dias da repicagem, foi feita adubação básica aplicando-se 3 ml de solução nutritiva (Hoagland modificada por Brundrett, 1994) de modo a fornecer macro e micronutrientes, exceto fósforo. Esta adubação foi realizada a cada 15 dias até o final do experimento. Neste período, pulverizou-se o inseticida Decis 25 CE (3ml/L) para controlar uma infestação de ácaros.

Após a condução, as plantas foram cortadas a 1(um) cm da superfície do solo, lavadas em água destilada para a remoção de poeiras e, secadas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, por uma semana. Logo após essa etapa a parte aérea foi pesada e moída. O P foi extraído do tecido vegetal por digestão nítrico-perclórica (Zagatto et al., 1981), e seu teor determinado por método FIA adaptado para utilização na Embrapa-Agrobiologia. Estimou-se, pelo teor e a massa da parte aérea seca, a quantidade desse nutriente acumulada na parte aérea das plantas.

Foram retiradas amostras de 1 g de raízes frescas para realizar a avaliação da colonização micorrízica. Para avaliação de colonização, as amostras de raízes foram clarificadas com KOH 2,5 gL⁻¹ e coloridas com azul de metila, segundo a metodologia de Koske & Gemma (1989); e a porcentagem de colonização foi determinada pelo método da placa de interseção (Giovannetti & Mosse, 1980).

Após a separação das raízes, o solo dos vasos foi homogeneizado e separou-se

uma amostra de 50 cm³ para a determinação da densidade de esporos de fungos micorrízicos. Os esporos foram extraídos das amostras de solo conforme descrito anteriormente. Após a separação, os esporos foram lavados em água e contados em placa de Petri com caneluras com auxílio de microscópio estereoscópico (40x).

Para as duas espécies de braquiária estudadas foram determinadas as seguintes variáveis: peso da matéria seca da parte aérea, colonização radicular, teor e quantidade acumulada de P na parte aérea da planta e densidade de esporo. As variáveis avaliadas foram submetidas a análises de variância (ANOVAs) e de regressões e as médias separadas entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5%, utilizando-se o programa SANEST (Zonta et al., 1984). Usaram-se as transformações raiz ($x + 2,5$) e log ($t + 2,5$), sendo x e t referentes à densidade de esporo e à porcentagem de taxa de colonização, respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ocorrência dos Fungos Micorrízicos Arbusculares em Solo de Cerrado sob Braquiárias com Dois Tipos de Manejo na Época Seca.

O estudo fez um levantamento dos fungos micorrízicos arbusculares associados a braquiárias em solo da região do Cerrado do Brasil Central na época seca, empregando-se diferentes fontes de inóculo para o estabelecimento de culturas armadilhas de forma a avaliar a riqueza de espécies, bem como a estratégia de colonização das plantas e a capacidade de sobrevivência dos propágulos das espécies de FMAs nativos.

De acordo com os resultados obtidos, *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicola* não se comportaram diferentemente uma das outras em relação à ocorrência de gêneros de fungos micorrízicos arbusculares. Neste estudo foram observados cinco dos sete gêneros da ordem Glomales que são: *Acaulospora*, *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Archaeospora* (Figura 02), dos quais foram encontradas dezoito espécies de fungos micorrízicos arbusculares (Tabela 01, 02 e 03) nas três diferentes espécies de braquiária em questão.

Recentemente criou-se uma nova classificação que extinguiu o gênero *Sclerocystis*, sendo as espécies desse gênero reclassificadas como pertencentes ao gênero *Glomus* (Redecker et al., 2000). Criou-se o gênero, *Archaeospora*, contendo as espécies antes classificadas como *Archaeospora gerdemanni* que é uma sinonímia de *Acaulospora appendicula* e a *Acaulospora trappei*, e o gênero *Paraglomus*, contendo as espécies *Paraglomus brasiliandum* antes *Glomus brasiliandum* e *Paraglomus occultum* antes *Glomus occultum* (Morton & Redecker, 2000). Essa nova classificação alterou os resultados deste estudo, pois a espécie identificada inicialmente como *Acaulospora appendicula* passou a ser chamada de *Archaeospora gerdemanni* com a nova classificação e uma espécie não identificada do antigo gênero *Sclerocystis* passou a ser denominada de *Glomus sp 1 (sclerocystis)*.

Espécies pertencentes ao gênero *Acaulospora* foram as mais freqüentes nas amostras avaliadas no presente estudo, totalizando 5 espécies e 117 esporos deste gênero. Este resultado foi semelhante aos de outros levantamentos (Siqueira et al., 1989; Fernandes & Siqueira, 1989; Balota & Lopes, 1996). Segundo Siqueira et al., (1986) e Lambais & Cardoso (1988) as espécies do gênero *Acaulospora* possuem características intrínsecas de produção de grande número de esporo e/ou alta adaptabilidade a solos com baixo pH. Além disso, diversos estudos têm demonstrado que espécies deste gênero são predominantes em solos agrícolas de baixa fertilidade (Sieverding, 1991) e áreas degradadas (Santos et al., 2000) e que práticas agrícolas que reduzem a fertilidade do solo favorecem a proliferação de espécies deste gênero (Souza et al., 1999; Gravina, 1998; Sieverding, 1991). A contribuição de espécies deste gênero para o crescimento de plantas foi demonstrada para *Acaulospora myriocarpa* (Sieverding, 1991), porém outros grupos de pesquisa em geral falham em utilizar espécies deste gênero provavelmente devido a não avaliação da dormência dos esporos como no caso de *Acaulospora laevis* que pode durar até seis meses (Tommerup, 1983).

O gênero *Glomus* foi o segundo mais observado neste estudo, sendo encontrado quatro espécies (*Glomus etunicatum*, *G. macrocarpum*, *Glomus sp1 (sclerocystis)*) e

Glomus sp. (ornamentado) e um total de 45 esporos. Foram seguidos dos gêneros *Gigaspora* (*Gigaspora albida*, *Gi. decipiens*, *Gi. gigantea* e *Gi. margarita*) e *Scutellospora* (*Scutellospora heterogama*, *S. cerradensis*, *S. coralloidea* e *S. scutata*), cada um também com quatro espécies e totalizando 34 e 16 esporos, respectivamente. Apenas uma espécie foi classificada no gênero *Archaeospora* (*Archaeospora gerdemannii*) num total de 7 esporos.

As espécies identificadas provavelmente são adaptadas às condições de solos ácidos comuns no Bioma Cerrado. Siqueira et al. (1986) estudaram o comportamento diferenciado de FMAs em relação à acidez do solo, com as espécies *Glomus mosseae*, *Glomus macrocarpum*, *Glomus intraradices* e *Gigaspora margarita* e uma população de fungos nativos, utilizando-se o milho como planta indicadora. Verificaram que em condições de elevada acidez, *G. margarita* apresentou elevada taxa de colonização e germinação, enquanto *G. mosseae*, *G. macrocarpum* e *G. intraradices* apresentaram baixas taxas de colonização e germinação. No geral, os gêneros *Gigaspora*, *Scutellospora* e *Acaulospora* apresentam maior colonização em valores de pH mais baixos, enquanto que *Glomus*, em valores próximos ao neutro ou alcalino (Silveira, 1998). Siqueira et al. (1990) verificara que a adição de calcário em solo de Cerrado cultivado com braquiária favorecia a espécie *Glomus etunicatum* enquanto inibia as espécies *Gi. margarita* e *G. occultum* ou *G. diaphanum*, enquanto que *A. morrowae* não era afetada pela calagem. Desta maneira, uma calagem no solo pesquisado poderia modificar bastante a composição das espécies encontradas, podendo favorecer as espécies como *G. etunicatum* e *G. macrocarpum*, relatadas preferirem solos mais neutros, em detrimentos das demais.

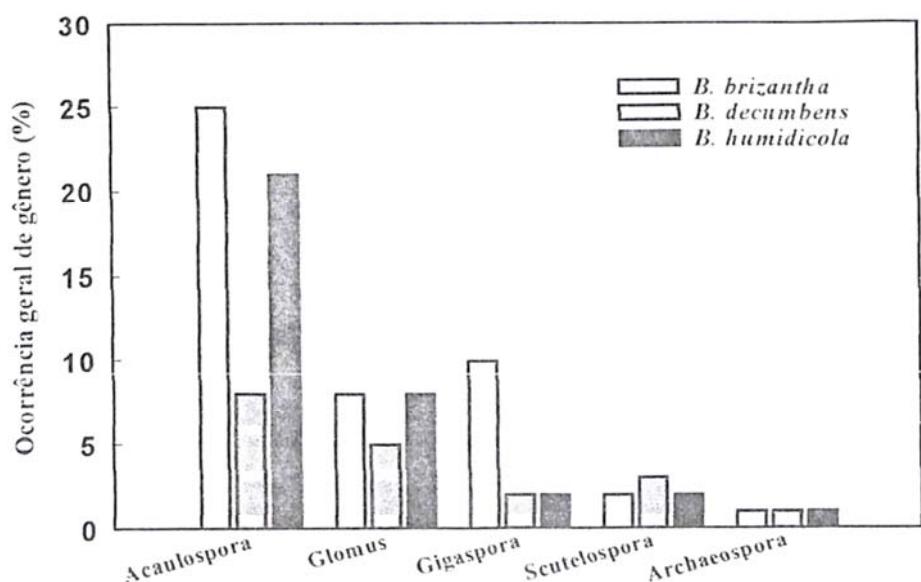


Figura 02 - Ocorrência geral de gêneros de FMAs em solo do cerrado sob três espécies de braquiárias com dois tipos de manejo na época seca.

Algumas espécies de FMAs foram encontradas associadas somente a uma das espécies de braquiária, por exemplo, as espécies *Gigaspora albida*, *Scutellospora cerradensis*. e *S. scutata* foram detectadas somente em *Brachiaria decumbens* (Tabela 02) e *Glomus* sp. (ornamentado) em *B. humidicola* (Tabela 03). Observou-se que outras

espécies como *Glomus* sp 1 (sclerocystis) não foi encontrada em *B. brizantha*, assim como *Gigaspora albida* e *G. gigantea* não foram encontradas em *B. humidicola* e *B. decumbens*, respectivamente.

Tabela 01 - Nº de esporo de Fungos Micorrízicos Arbusculares em pastagens de *B. brizantha* sob dois manejos da pressão de pastejo. Avaliado a partir da esporulação de fungos em culturas armadilhas inoculadas a partir de amostras indeformadas (AI), solo (S), raízes (R) e plântulas (P) da própria espécie de braquiária em estudo.

Espécies	Manejo de pressão de pastejo							
	Alta pressão				Baixa Pressão			
	AI	S	R	P	AI	S	R	P
Nº de esporos								
<i>Acaulospora mellea</i>	4	2	0	2	0	0	0	0
<i>A. morrowiae</i>	3	2	0	0	3	0	0	1
<i>A. rehmii</i>	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>A. scrobiculada</i>	0	4	0	0	0	0	0	3
<i>A. tuberculata</i>	6	11	0	0	8	0	1	1
<i>Archaeospora gerdemannii</i>	0	2	0	0	1	0	0	0
<i>Glomus etinicatum</i>	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>G. macrocarpum</i>	1	7	3	1	0	0	0	1
<i>Glomus</i> sp 1 (sclerocystis)	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glomus</i> sp (ornamentado)	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gigaspora albida</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>G. decipiens</i>	7	1	0	0	4	1	0	0
<i>G. gigantea</i>	3	0	1	0	1	1	0	0
<i>G. mar garita</i>	2	1	0	0	1	0	0	0
<i>Scutellospora cerradensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. coralloidea</i>	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>S. heterogama</i>	1	2	0	0	0	0	0	0
<i>S. scutata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de espécies	9	12	3	2	6	3	1	5
Total de esporos	28	36	5	3	18	3	1	8

AI – Amostras indeformadas, contendo solo, micélio, raízes coletadas em campo e plântulas de braquiária recém germinadas

S – Solo proveniente das amostras indeformadas

R – Raízes provenientes do campo obtidas das amostras indeformadas

P – Raízes de plântulas de braquiária recém germinadas nas amostras indeformadas

Verifica-se em *Brachiaria brizantha* (Tabela 01), que o maior número de espécies de fungos micorrízicos arbusculares foi encontrado no tipo de manejo de alta pressão de pastejo com exceção do tratamento com plântulas, no qual, o manejo com Faixa pressão de pastejo recuperou três espécies a mais do que o com alta pressão. O tratamento solo, seguido do tratamento amostras indeformadas intactas, foram os que proporcionaram maior riqueza de espécies sob alta pressão de pastejo.

Tabela 02 - N° de esporo de fungos micorrízicos arbusculares em pastagens de *Brachiaria decumbens* sob dois manejos da pressão de pastejo. Avaliado a partir da esporulação de fungos em culturas armadilhas inoculadas a partir de amostras indeformadas (AI), solo (S), raízes (R) e plântulas (P) da própria espécie de braquiária em estudo.

Espécies	Manejo de pressão de pastejo							
	Alta pressão				Baixa Pressão			
	AI	S	R	P	AI	S	R	P
n° de esporos								
<i>Acaulospora mellea</i>	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>A. morrowiae</i>	1	0	0	0	0	1	0	1
<i>A. rehmii</i>	1	1	0	0	0	1	0	0
<i>A. scrobiculada</i>	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>A. tuberculata</i>	2	4	0	0	0	1	1	3
<i>Archaeospora gerdemannii</i>	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Glomus etinicatum</i>	0	1	0	0	0	0	2	0
<i>G. macrocarpum</i>	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Glomus</i> sp 1 (sclerocystis)	3	2	0	0	0	0	0	0
<i>Glomus</i> sp (ornamentado)	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gigaspora albida</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>G. decipiens</i>	1	0	0	0	0	2	0	0
<i>G. gigantea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. margarita</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Scutellospora cerradensis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>S. coralloidea</i>	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>S. heterogama</i>	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>S. sonata</i>	0	0	0	0	0	2	0	0
Número de espécies	6	7	0	0	1	9	3	3
Total de esporos	9	14	0	0	1	12	5	5

AI – Amostras indeformadas, contendo solo, micélio, raízes coletadas em campo e plântulas de braquiária recém germinadas

S – Solo proveniente das amostras indeformadas

R – Raízes provenientes do campo obtidas das amostras indeformadas

P – Raízes de plântulas de braquiária recém-germinadas nas amostras indeformadas

Estes resultados podem parecer errados, pois indica maior diversidade de FMAs num ambiente relativamente mais estressado pela maior pressão de pastejo. Entretanto, existem vários relatos dos efeitos da remoção de tecidos fotossintéticos por pastejo ou fogo sobre a esporulação dos FMAs serem muito variáveis, dependendo da capacidade fotossintética, da intensidade do pastejo e das variações sazonais das MAs (Bethlenfalvay 1992).

O gênero *Acaulospora* destaca-se com o maior número de esporos encontrados, principalmente da espécie *Acaulospora tuberculata*, seguido pelo gênero *Glomus* no tratamento com solo. *Glomus macrocarpum* estava presente em todas as fontes de inóculo estudadas no manejo de maior pressão de pastejo. O gênero *Gigaspora*, estava presente nas amostras indeformadas com maior freqüência e com menor freqüência no tratamento com solo. A espécie *Archaeospora gerdemannii* estava presente no tratamento

solo (Alta pressão) e amostras indeformadas (Baixa pressão). No total foram recuperadas 14 espécies de FMAs de *B. brizantha*.

A espécie *Gigaspora decipiens* foi a mais freqüente destes gênero. As espécies do gênero *Scutellospora* foram pouco encontradas, verificando apenas a presença de *Scutellospora heterogama* e *Scutellospora coralloidea*.

Brachiaria decumbens apresentou a composição da população de FMAs similar ao de *Brachiaria brizantha* com predomínio de *Acaulospora tuberculata* (Tabela 02). Possui uma espécie de *Glomus* e duas de *Scutellospora* a mais e uma espécie de *Gigaspora* a menos que *B. brizantha*, totalizando 16 espécies de FMAs recuperadas, apesar de haver recuperado menos da metade dos esporos recuperados em *B. brizantha*. O tratamento com solo apresentou maior número de espécies e maior esporulação de FMAs, tanto no manejo de alta pressão como no de baixa pressão de pastejo, tal como ocorreu com *B. brizantha* apenas sob alta pressão de pastejo. No manejo de alta pressão de pastejo, não foram encontradas espécies de FMAs nos tratamentos com raízes e nem no de plântulas. Este resultado é difícil de ser entendido, mas as variações entre as populações estudadas podem ser atribuídas além das diferenças entre as populações originais, às diferentes adaptações das espécies ao ambiente de cultivo da cultura armadilha. Carneiro et al. (1999) avaliaram-se o efeito da inoculação de uma mistura de fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus etunicatum*, *Glomus clarum*, *Gigaspora margarita* e *Acaulospora scrobiculata*) no estabelecimento de forrageiras (estilosantes, capim-gordura e capim-braquiária) em Latossolo Vermelho-Escuro e verificaram que destes fungos introduzidos, apenas *G. etunicatum* e *A. scrobiculata* foram recuperados no período estudado, o que indica diferenças de adaptação ao ambiente.

A *Brachiaria humidicola* apresentou 15 espécies de FMAs recuperadas sendo predominantes *A. tuberculata* e *A. morrowae* (Tabela 03). Esta espécie apresentou comportamento diferenciado com relação às outras braquiárias no tratamento com alta pressão de pastejo, apresentando maior número de espécies nos tratamentos com amostras indeformadas intactas em relação ao tratamento com solo. No tratamento com baixa pressão de pastejo verificou-se maior número de espécies de FMAs no tratamento com solo, entretanto a maior esporulação ocorreu no tratamento com amostras indeformadas. Isto contraria a tendência de maior número de espécie e maior esporulação ocorrerem sob mesmo tratamento de inoculação, observada nas demais espécies de braquiária.

Os tratamentos com as fontes de inóculo raízes e plântulas apresentaram menor número de espécies de fungos micorrízicos arbusculares em todas as espécies de braquiária. A fonte de inóculo plântulas multiplicou os fungos com rápida germinação e/ou maior capacidade infectivas, ou seja, aqueles que foram capazes de colonizar as raízes das plântulas de braquiária em apenas 17 dias após a sua germinação. As espécies de fungos encontradas no tratamento plântulas mais comum entre as três braquiária foram *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora tuberculata*, *Glomus etunicatum* e *Glomus macrocarpum*. A presença de espécies de *Acaulospora* entre as espécies com rápida infecção radicular pode estar indicando que o tempo de quebra de dormência aguardado antes do semeio das plântulas foi eficiente, pois algumas espécies deste gênero são tidas possuírem dormência endógena (Tommerup, 1983). Este autor cita que a esporulação de *A. laevis* requer de quatro a oito semanas para ocorrer e que novos esporos apresentam um ciclo de dormência endógena de seis semanas a seis meses. Gazey et al. (1993) obtém resultados similares com *A. laevis*, *A. trappei* e *Acaulospora* sp. (WUM 18-1), indicando

que o armazenamento por 4 a 6 meses promove a germinação da maioria dos esporos destas espécies pela quebra da dormência.

Tabela 03 - N° de esporo de fungos micorrízicos arbusculares em pastagens de *B. humidicola* sob dois manejos da pressão de pastejo. Avaliado a partir da esporulação de fungos em culturas armadilhas inoculadas a partir de amostras indeformadas (AI), solo (S), raízes (R) e plântulas (P) da própria espécie de braquiária em estudo.

Espécies	Manejo de pressão de pastejo							
	Alta pressão				Baixa Pressão			
	AI	S	R	P	AI	S	R	P
n° de esporos								
<i>Acaulospora mellea</i>	1	0	0	0	0	1	0	1
<i>A. morrowiae</i>	5	0	0	0	6	3	0	1
<i>A. rehmii</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. scrobiculada</i>	0	0	1	1	0	1	0	0
<i>A. tuberculata</i>	8	1	5	2	4	2	0	0
<i>Archaeospora gerdemannii</i>	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Glomus etunicatum</i>	0	0	0	5	0	0	1	1
<i>G. macrocarpum</i>	3	0	0	0	0	0	2	1
<i>Glomus</i> sp 1 (sclerocystis)	0	0	1	0	2	0	0	0
<i>Glomus</i> sp (ornamentado)	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gigaspora albida</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>G. decipiens</i>	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>G. gigantea</i>	0	0	1	0	0	1	0	0
<i>G. margarita</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scutellospora cerradensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. coralloidea</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. heterogama</i>	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>S. scutata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de espécies	9	1	4	3	5	7	2	4
Total de esporos	22	1	8	8	15	10	3	4

AI - Amostras indeformadas, contendo solo, micélio, raízes coletadas em campo e plântulas de braquiária recém germinadas

S - Solo proveniente das amostras indeformadas

R Raízes provenientes do campo obtidas das amostras indeformadas

P – Raízes de plântulas de braquiária recém germinadas nas amostras indeformadas

Entretanto, a rápida colonização das raízes das plântulas pode também ter sido originada da rede de micélio intacta presente na amostra indeformada. Hifas de FMAs quando não rompidas mantêm a infectividade no solo seco por pelo menos 36 dias (Jasper et al., 1989a) e podem se manter vivas, sem uma planta hospedeira, por longos períodos, pois verifica-se a atividade de succinato desidrogenase em hifas, próximas ao esporo-mãe, de micélio com até 6 meses de idade, as quais permanecem viáveis para produzir apressórios e estruturas simbióticas (Logi et al., 1998).

O fungo quando se estabelece e se desenvolve nas raízes, ele produz extenso micélio extraradicular que se ramifica e cresce através do solo, podendo chegar a distâncias médias de até 10 cm, embora valores de até 100 cm sejam relatados (Sieverding, 1991). O volume de solo explorado pelas raízes micorrizadas pode aumentar de 5 a 200 vezes, dependendo da compatibilidade entre os simbiontes e das condições edáficas (Colozzi-Filho & Balota, 1997), fazendo com que o fungo auxilie tremendamente a absorção de P que é um nutriente escasso e pouco móvel no solo. Desta maneira, fungos se estabeleçam rapidamente nas raízes da planta atuariam mais precocemente na absorção e transporte de fósforo para as plântulas auxiliando-as logo no estágio inicial de crescimento, fase em que as plantas demandam mais P. Porém a verificação da eficiência das espécies de FMAs encontradas nas plântulas ainda necessita de confirmação com estudos futuros. O isolamento em cultura pura dos fungos encontrados neste estudo permitirá a condução de novos experimentos necessários para comprovação destes dados.

Já os fungos multiplicados pela fonte de inóculo “raízes”, devem ser espécies que apresentavam no interior das raízes propágulos infectivos resistentes ao tempo de armazenamento das amostras, possivelmente esporos intraradiculares, já que o revolvimento do solo para a retirada das raízes diminui a infectividade do micélio externo (Jasper et al., 1989b). Apesar das hifas intraradiculares de FMAs preservarem a viabilidade depois da morte das células das raízes (Tommerup e Abbot, 1981) as espécies do gênero *Acaulospora* têm apresentado dificuldades para se multiplicar a partir de raízes mortas (Jasper et al., 1989a; Gazey et al., 1993). Isto pode justificar o fato de que nas três braquiárias foram identificadas no tratamento raízes as espécies de fungo *Glomus etunicatum* e *Glomus macrocarpum*, tendo o gênero *Acaulospora* ocorrência mais restrita.

As fontes de inóculo “solo” e “amostra indeformada intacta” foram as que promoveu a recuperação de maior número de espécies de FMAs. Isto sugere que a principal forma de propágulos de FMAs existentes nas amostras depois do armazenamento eram esporos presentes no solo. A grande recuperação de espécies a partir do “solo”, muitas vezes superando o número de espécies recuperadas da “amostra indeformada”, indica que a rede de micélio extraradicular não tenha sido, nas nossas condições, uma fonte de propágulos importante. Como a infectividade do micélio extraradicular é muito reduzida quando o solo é revolvido (Jasper et al. 1989b) poderia se esperar um número bem menor de espécies recuperadas do “solo” em relação ao das “amostras indeformadas” se o micélio extraradicular fosse uma importante fonte de propágulos.

A estratégia de se empregar diferentes fontes de inóculo (AI, S, R, e P) permite uma melhor avaliação da ecologia dos FMAs, como sobrevivência e capacidade infectiva. Uma espécie pode ser mais competitiva e agressiva, colonizando mais precoce e abundantemente a raiz. Outra pode manter o micélio viável nas raízes e no solo por longos períodos. Urna outra pode esporular apenas intraradicularmente. Assim, diferenças na habilidade competitiva entre as espécies também podem ser atribuídas ao grau de adaptação destas a condições específicas do solo Silveira (1998) e podem ser percebidas pela metodologia empregada. Entretanto, a composição populacional nas três espécies de braquiária foi muito similar.

As espécies recuperadas da fonte de inóculo raízes apontam que as raízes são uma importante fonte de propágulos em solos de cerrado, mesmo após o período de seca, o

qual pode durar até seis meses no bioma Cerrado. As raízes podem também se manter como forma de propágulos, menos afetados pela temperatura, após as queimadas (Rashid et al., 1997), as quais são muito comum no Cerrado.

Este estudo verificou a similaridade das populações de FMAs sob *B. decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicola* em um solo de Cerrado. Verificou-se que a principal forma de propágulos presentes em amostras indeformadas armazenadas por seis meses são os esporos presentes no solo, entretanto raízes mortas mantêm-se como propágulos infectivos durante este período indicando serem importantes para a recuperação da população de FMAs após o período de seca do bioma Cerrado. Foi demonstrado que espécies de *Acaulospora* podem colonizar rapidamente as raízes de braquiária recém germinadas após o armazenamento das amostras, indicando ausência de dormência dos esporos.

4.2 Efeito de FMAs e Fósforo no Desenvolvimento e Nutrição de Duas Espécies de Braquiária no Solo Cerrado.

As produções de massa seca da parte aérea das braquiárias em estudo encontram-se nas Figuras 03 e 04. Análise de regressão para produção de massa seca da parte aérea para *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, em função da dose de P aplicado, mostrou ajustes de regressões seguindo o modelo raiz-quadrática, tanto no solo esterilizado quanto no não esterilizado. Verifica-se que, aos 50 dias após transplantio, ambas as braquiárias apresentavam elevada resposta positiva ao P corroborando os resultados de Howeler et al. (1987).

Em relação ao efeito da inoculação com *Glomus clarum*, em solo não esterilizado, as duas braquiárias apresentaram comportamento similar na produção de massa seca da parte aérea, resultando em benefícios no crescimento e desenvolvimento das plantas. Respostas positivas a inoculação ocorreram nas doses mais baixas de P, particularmente com aplicação de 24 mg.dm⁻³, condição esta que favoreceu elevada produção de massa seca da parte aérea para duas braquiárias quando inoculadas (Figuras 03-A e 04-A).

No tratamento sem fósforo, não houve resposta positiva a inoculação, pois o fósforo disponível neste tratamento foi baixo, o que pode ter prejudicado o perfeito funcionamento da simbiose de modo que o estabelecimento do fungo não promoveu maior absorção de P, apesar de haver maior colonização micorrízica (Tabelas 04 e 05).

Em solo esterilizado as respostas ao fósforo de produção de massa seca da parte aérea das duas braquiárias também foram similares e maior ao que no solo não esterilizado (Figuras 03-B e 04-B). Não houve efeito benéfico da inoculação e nem diferença significativa entre as plantas inoculadas e não inoculadas em relação as doses de P aplicado. Entretanto, no tratamento sem fósforo, houve resposta negativa inoculação nas duas espécies de braquiária, possivelmente devido a extrema deficiência de P nesta situação, fazendo com que o fungo micorrízico drenasse fotossintatos da planta sem promover um retorno nutricional.

O tratamento de esterilização do solo possivelmente alterou a disponibilidade de alguns nutrientes, promovendo maior massa seca da parte aérea nas duas braquiárias. A alta temperatura e pressão do processo de autoclavagem promove mudanças nas propriedades químicas do solo (Jakobsen & Andersen, 1982). No nosso solo pode ser observado uma pequena acidificação com abaixamento de pH e elevação do Al e uma grande liberação do Mn solúvel. Miranda et al. (1984) verificaram que com a

autoclavagem do solo houve reduções nos teores de nitrogênio inorgânico, cobre e zinco, e aumentos nos teores de manganês e ferro. Outra característica alterada, observada pelos mesmos autores, foi a quantidade de P retida na fase sólida, que mantém 0,2 ppm de P na solução do solo, ocorrendo uma redução do P fase sólida no solo esterilizado. Cardoso (1986) observou uma diminuição da concentração de Zn e Cu em solo esterilizados. Esse autor também verificou que a autoclavagem de Latossolo Roxo, solo naturalmente rico em manganês, promoveu nível tóxico para soja, constatado por sintomas de necrose foliar no início do cultivo. Fato não observado neste estudo nas duas braquiárias, possivelmente pelo menor teor de manganês no Latossolo Vermelho Escuro utilizado, que não resultou em níveis tóxicos de Mn e a menor sensibilidade da braquiária, em relação a soja, apresentando rusticidade e boa adaptabilidade no solo cerrado.

Além dos efeitos químicos diretos na planta a autoclavagem pode ter alterado sensivelmente a população microbiana associada a braquiária eliminando patógenos radiculares ou favorecendo alguns microrganismos benéficos adaptadas a maior disponibilidade de Mn. Entretanto no nosso estudo não foi avaliado estas modificações nas populações microbianas.

Brachiaria brizantha apresentou menor produção de massa que *Brachiaria decumbens* no solo esterilizado o que sugere menor benefício da autoclavagem para o crescimento desta espécie ou maior sensibilidade desta espécie a fatores negativos promovidos pela autoclavagem, como altos níveis de manganês.

A colonização micorrízica para espécie *Brachiaria decumbens* nos dois tipos de solo em estudo encontra-se na Tabela 04. As raízes das plantas não inoculadas com FMA no solo esterilizado foram analisadas e apresentaram-se isentas de colonização após 50 dias transplantio. O incremento na colonização devido a inoculação é muito evidente no solo esterilizado, enquanto que no não esterilizado este incremento é significativo apenas no tratamento sem P. Verificou-se que a taxa de colonização atingiu até 19% no solo não esterilizado sem aplicação de fósforo e inoculado, porém esta taxa de colonização não refletiu em benefício da inoculação na produção de massa seca da parte aérea, possivelmente devido a extrema deficiência de P do solo. A menor colonização no tratamento inoculado no solo não esterilizado em comparação com solo esterilizado indica competição com FMAs nativos menos eficientes ou um outro efeito antagonista aos FMAs inoculados promovidos pela microbiota nativa do solo.

Não obteve-se ajustes de regressão para o efeito do P sobre a colonização no solo não esterilizado, mostrando grande variação, e tendência de redução nas maiores doses. Em solo esterilizado, a elevação na dose de P resultou em efeito depressivo sobre a colonização micorrízica seguindo o ajuste raiz quadrático ($y = 36,756 + 0,066x - 3,038x^{0,5}$; $R^2 = 0,84$), sendo que a dose sem aplicação de P proporcionou a maior taxa de colonização, embora o efeito da inoculação sobre a massa da parte aérea tenha sido depressivo nesta dose de P. Isto ocorreu possivelmente devido à extrema deficiência de P no solo de modo que a simbiose formada não trouxe benefícios a planta hospedeira, tendo natureza parasítica e prejudicando o desenvolvimento das plantas micorrizadas.

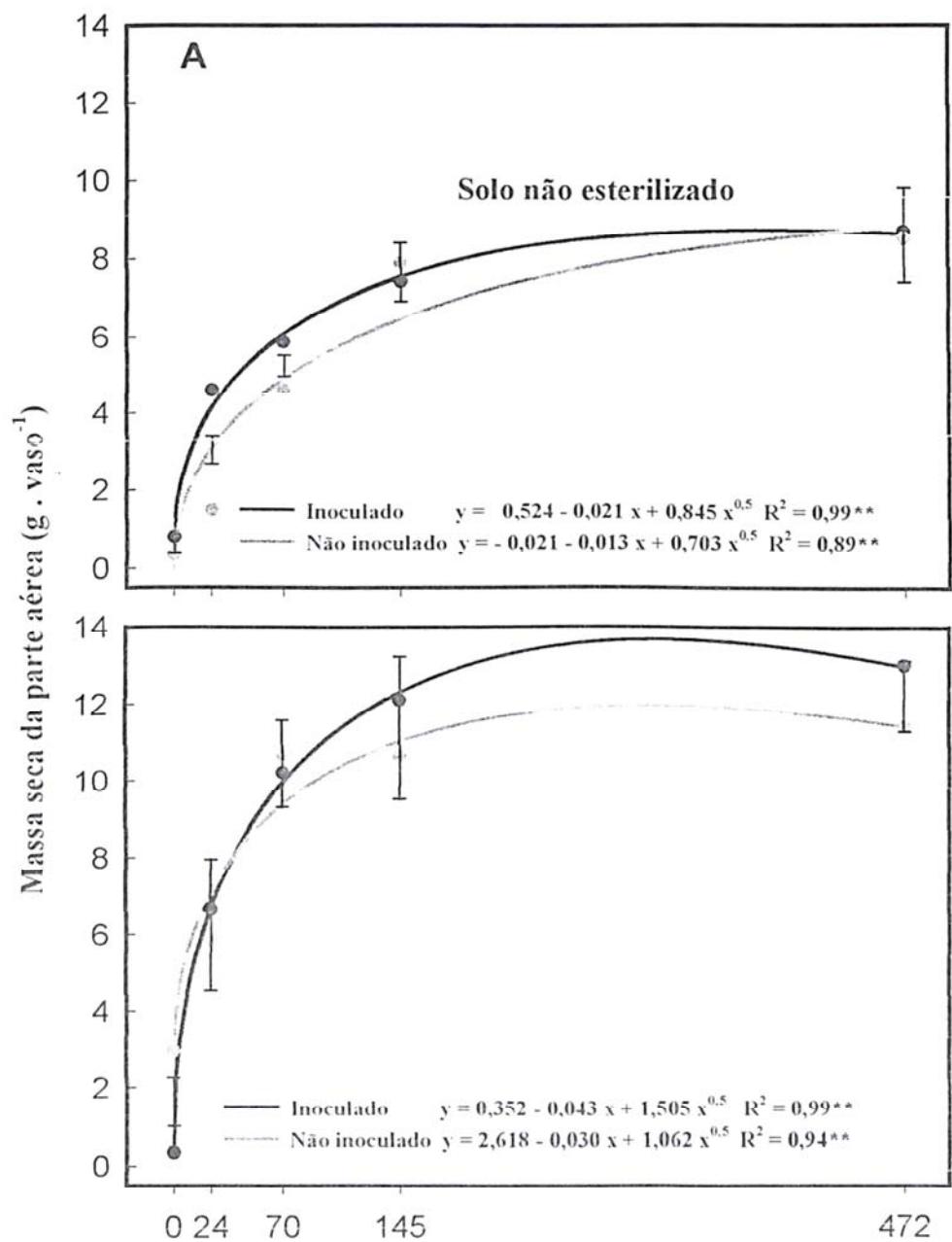


Figura 03 - Massa seca da parte aérea de *Brachiaria decumbens* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

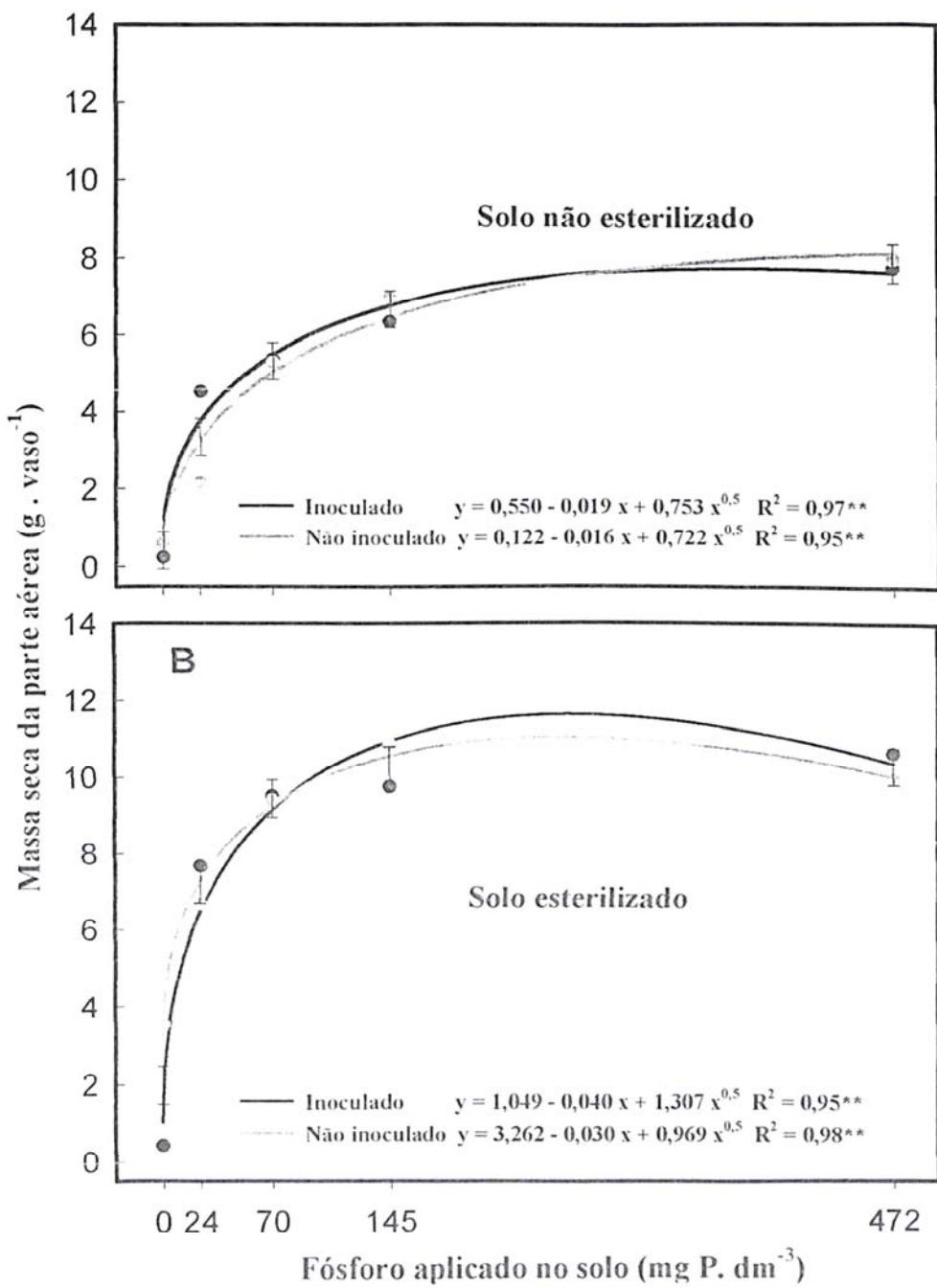


Figura 04 - Massa seca da parte aérea de *Brachiaria brizantha* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

Tabela 04 - Taxa de colonização de *Brachiaria decumbens* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Solo não esterilizado		Solo esterilizado	
	Inoculada	Não inoculada	Inoculada	Não inoculada
%				
0	19,6a	3,3b	38,9a	0,0b
24	4,6a	0,2a	15,5a	0,0b
70	15,3a	6,1a	23,7a	0,0b
145	9,2a	5,9a	7,9a	0,0b
472	2,1a	1,1a	1,6a	0,0b

Letras comparam as médias de inoculação dentro de cada solo e dose de P, pelo teste de Tukey a 5%.
C. V. = 39%

A colonização micorrízica de *B. brizantha* pode ser observada na Tabela 05. A inoculação promoveu em todos os tratamentos incremento na colonização micorrízica. Entretanto, exceto para a dose 24 mg dm⁻³ de P no solo não esterilizado, este incremento não refletiu em respostas significativas em crescimento como pode ser observado na Figuras 3-A e 3-B.

Tabela 05 - Taxa de colonização de *Brachiaria brizantha* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Solo não esterilizado		Solo esterilizado	
	Inoculada	Não inoculada	Inoculada	Não inoculada
%				
0	41,9a	4,0b	43,3a	0,2b
24	20,5a	3,3b	29,3a	1,1b
70	15,1a	2,5b	22,2:7a	1,2b
145	9,9a	2,1b	14,6a	0,2b
472	6,3a	0,0b	0,4a	0,0b
Régressão	$Y=40,7+0,12x-4,1x^{0,5}$	$Y=4,0+2,10^{-3}x-0,1x^{0,5}$	$Y=43,1+0,04x-2,9x^{0,5}$	Sem ajuste
R ²	0,98	0,99	0,99	

Letras comparam as médias de inoculação dentro de cada solo e dose de P, pelo teste de Tukey a 5%.
C. V. = 29%

No tratamento sem aplicação de P no solo esterilizado, houve efeito negativo da inoculação, assim como observado em *B. decumbens*. A porcentagem de colonização foi mais elevada no tratamento sem aplicação de fósforo, tanto para solo não esterilizado quanto para o solo esterilizado. Verificou-se uma diminuição na taxa de colonização à medida que aumentou-se a dose de fósforo no solo, seguindo ajustes raiz quadráticos. Houve baixa colonização micorrízica no solo não esterilizado sem inoculação decorrente dos FMAs nativos existentes no solo em estudo.

Em *B. decumbens* observou-se que a aplicação de P afetou o número de esporos recuperados do solo (Tabela 06). Em solo não esterilizado, o número de esporo (157) foi maior na dose de 70 mg dm⁻³ de P e no solo esterilizado a maior quantidade de esporos recuperados (247) foi na dose de 24 mg dm⁻³ de P. Verificou-se que as doses mais elevadas de P no solo não esterilizado reduziu expressivamente o número de esporos recuperados, particularmente no tratamento não inoculado. Esta redução na esporulação dos FMAs nativos sugere que estes não se adaptem a uma condição de alto P disponível. A densidade de esporos nos tratamentos inoculados apresentou menor declínio com o aumento das doses de P sugerindo que o *Glomus clarum* tenha a esporulação menos inibida pelo fósforo do que os fungos nativos.

Tabela 06 - Densidade de esporo para espécie *Brachiaria decumbens* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo

Doses de P (mg dm ⁻³)	Solo não esterilizado		Solo esterilizado	
	Inoculada	Não inoculada	Inoculada	Não inoculada
nº/50 mL				
0	117a	79a	102a	0b
24	133a	70a	247a	0,2b
70	157a	121a	213a	6b
145	77a	3b	103a	0b
472	83a	17b	104a	10b

Letras comparam as médias de inoculação dentro de cada solo e dose de P, pelo teste de Tukey a 5%.
C. V. = 31%

Não se verifica relação entre a densidade de esporo e a taxa de colonização, demonstrando independência entre os dois processos. Fernandes et al. (1987) estudaram o efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja, verificaram o número de esporos em 30 cm³ de solo não seguiu a mesma tendência da taxa de colonização, caracterizando a independência entre os dois processos.

Em *Brachiaria brizantha*, não se verificou tendência de redução na densidade de esporos do tratamento inoculado em solo não esterilizado com o aumento do P aplicado. No solo esterilizado a tendência de redução da esporulação foi observada, sendo que na dose 24 mg dm⁻³ houve o maior número de esporos recuperados. Ainda mais evidente que em *B. decumbens*, em *B. brizantha* a esporulação do *Glomus clarum* inoculado foi bastante superior à dos fungos nativos do solo, evidenciando baixa adaptação da população nativa à braquiária ou baixo potencial de propágulos desta no solo.

Os teores de fósforo na parte aérea da espécie *B. decumbens* podem ser visualizados na (Figura 5). No tratamento sem aplicação de fósforo no solo não esterilizado (Figura 5-A) verificou-se que as plantas micorrizadas apresentaram maior concentração de fósforo nos seus tecidos do que as não micorrizadas, mesmo apresentando comportamento inverso na produção de massa seca da parte aérea, o que pode sugerir um efeito de diluição diante de níveis de P extremamente baixos. Na dose 24 mg dm⁻³ onde plantas micorrizadas apresentaram maior massa seca da parte aérea, não verificou-se efeito da inoculação sobre a concentração de fósforo nos tecidos. Não houve

diferenças significativas nos teores de P entre plantas inoculadas e não inoculadas também nas doses 70 e 145 mg dm⁻³. Entretanto, na maior dose P as plantas inoculadas possuíam teor de P superior aos das não inoculadas. Observou-se que não houve aumento significativo do teor de fósforo nas plantas a partir da dose 70 mg dm⁻³, isto é, os teores de P não aumentaram grandemente em função do aumento no suprimento ao solo, sugerindo que a braquiária é uma planta que apresenta baixo consumo de luxo.

No solo esterilizado, não houve efeito da inoculação sobre os teores de P de *Brachiaria decumbens* corroborando a pouca resposta à inoculação apresentada por estas plantas em produção de massa seca da parte aérea. Tal como no solo não esterilizado, os teores de P em *Brachiaria decumbens* não aumentaram sensivelmente em doses maiores que 70 mg dm⁻³ de P aplicado. Desta maneira, tanto em solo esterilizado quanto em não esterilizado os teores de P ficaram estabilizados na faixa entre 0,8 e 1,2 g kg⁻¹ após a dose de 70 mg dm⁻³ e isto refletiu no crescimento, que também a partir destas dose não apresentou aumentos significativos em função do P aplicado. Este fato sugere que acima da dose 70 mg dm⁻³ o P não era fator limitante ao crescimento de *Brachiaria decumbens* no solo estudado.

Tabela 07 - Densidade de esporo para espécie *Brachiaria brizantha* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

Doses de P (mg dm ⁻³)	Solo não esterilizado		Solo esterilizado	
	Inoculada	Não inoculada	Inoculada	Não inoculada
nº/50 mL				
0	127a	49b	162a	3b
24	147a	9b	415a	3b
70	118a	75a	296a	2b
145	186a	0b	180a	1b
472	210a	23b	53a	2b

Letras comparam as médias de inoculação dentro de cada solo e dose de P, pelo teste de Tukey a 5%. C. V. = 30%

Verificou-se comportamento diferenciado da espécie *Brachiaria brizantha* em relação à *Brachiaria decumbens* quanto à concentração de fósforo na parte aérea (Figura 6). *Brachiaria brizantha* apresentou respostas ao P aplicado em teor de P na parte aérea mais lineares que as de *Brachiaria decumbens*. Entretanto, isto não refletiu na produção de massa seca da parte aérea que, tal como na *Brachiaria decumbens*, tendeu a estabilizar a partir da dose 70 mg dm⁻³. O solo esterilizado permitiu na maior dose um teor de P mais elevado que o obtido no solo não esterilizado, sendo isto sugere maior disponibilidade deste nutriente promovida pela autoclavagem do solo.

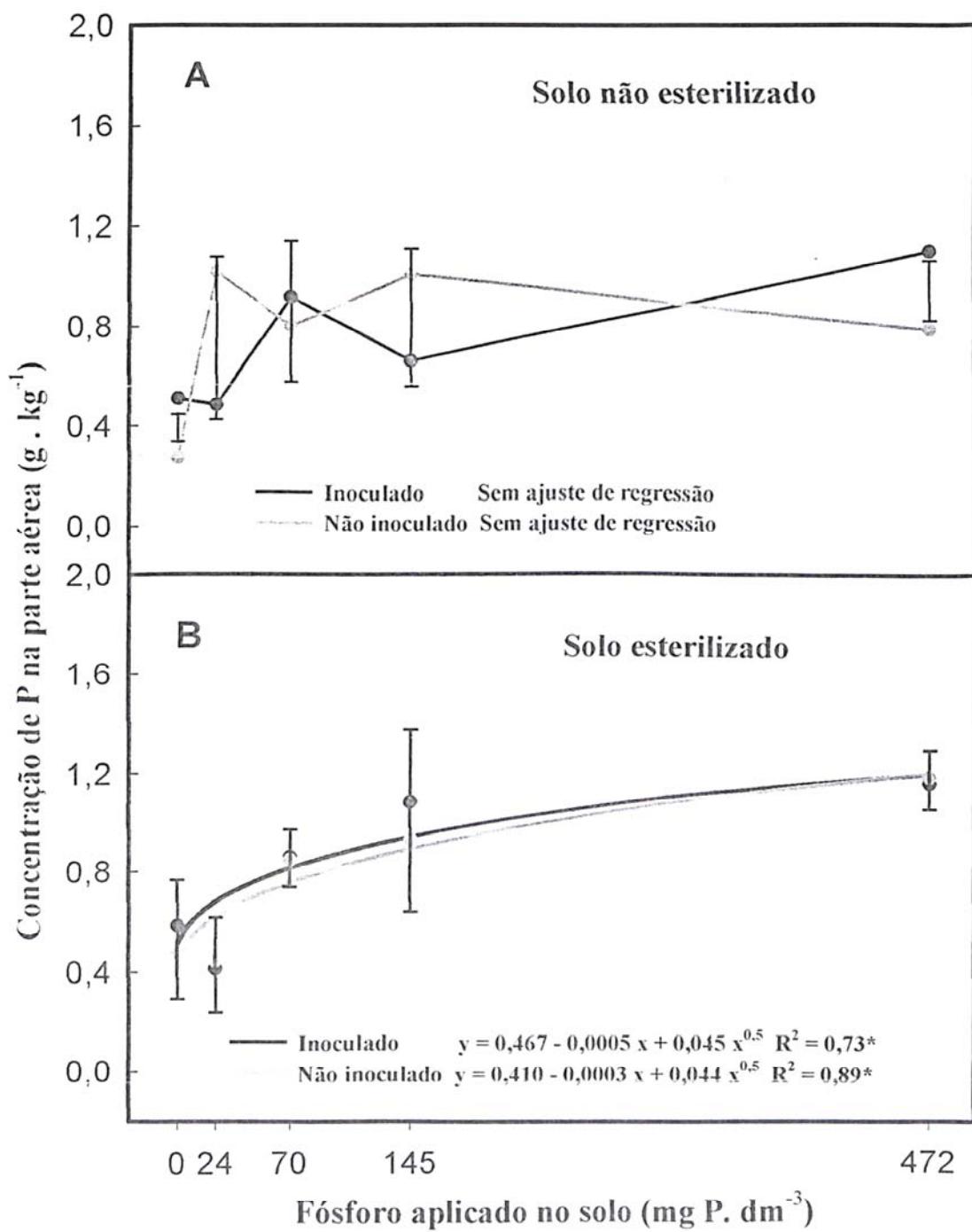


Figura 05 - Concentração de Fósforo na espécie *Brachiaria decumbens* inoculada ou inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

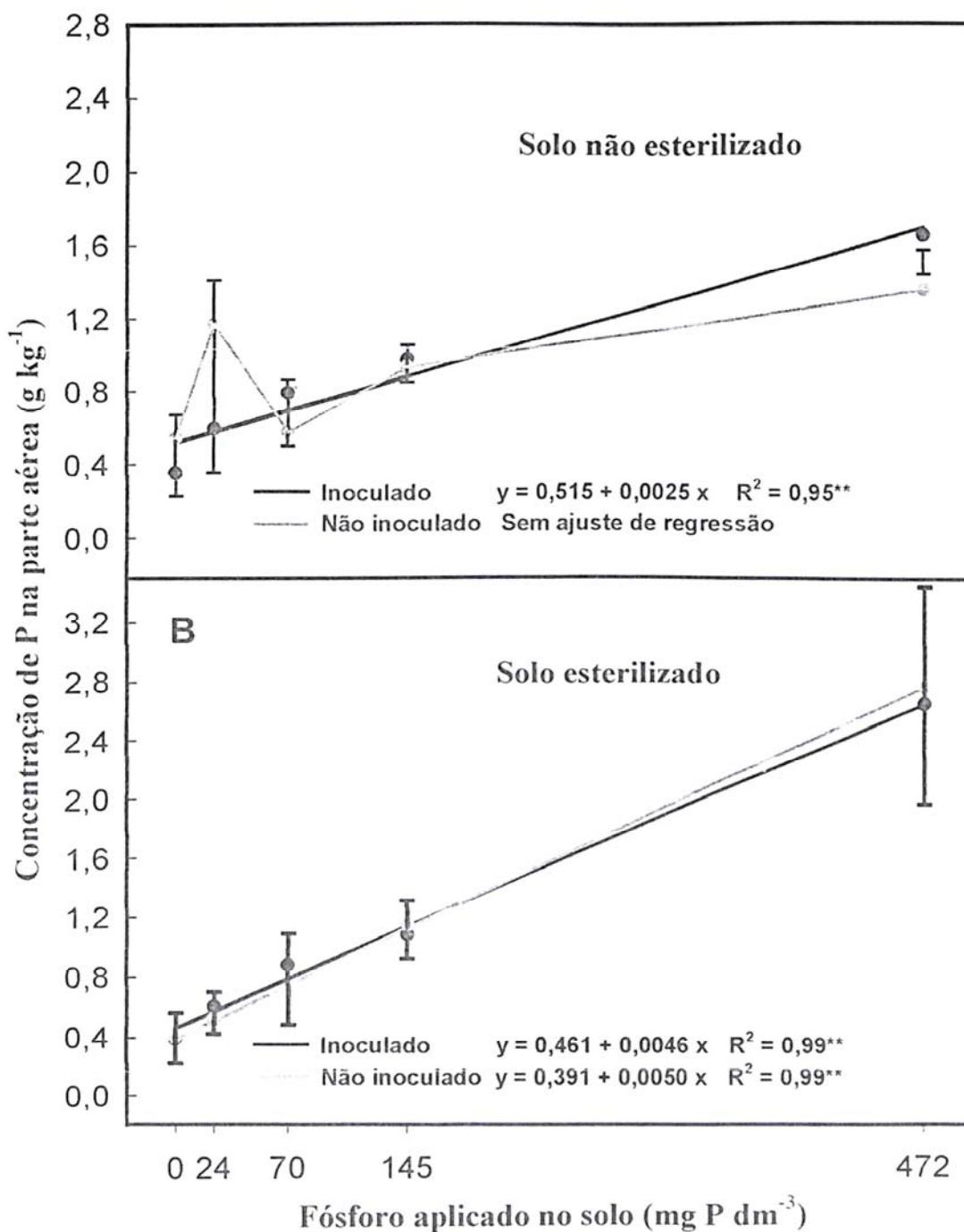


Figura 06 - Concentração de Fósforo na espécie *Brachiaria brizantha* inoculada ou inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

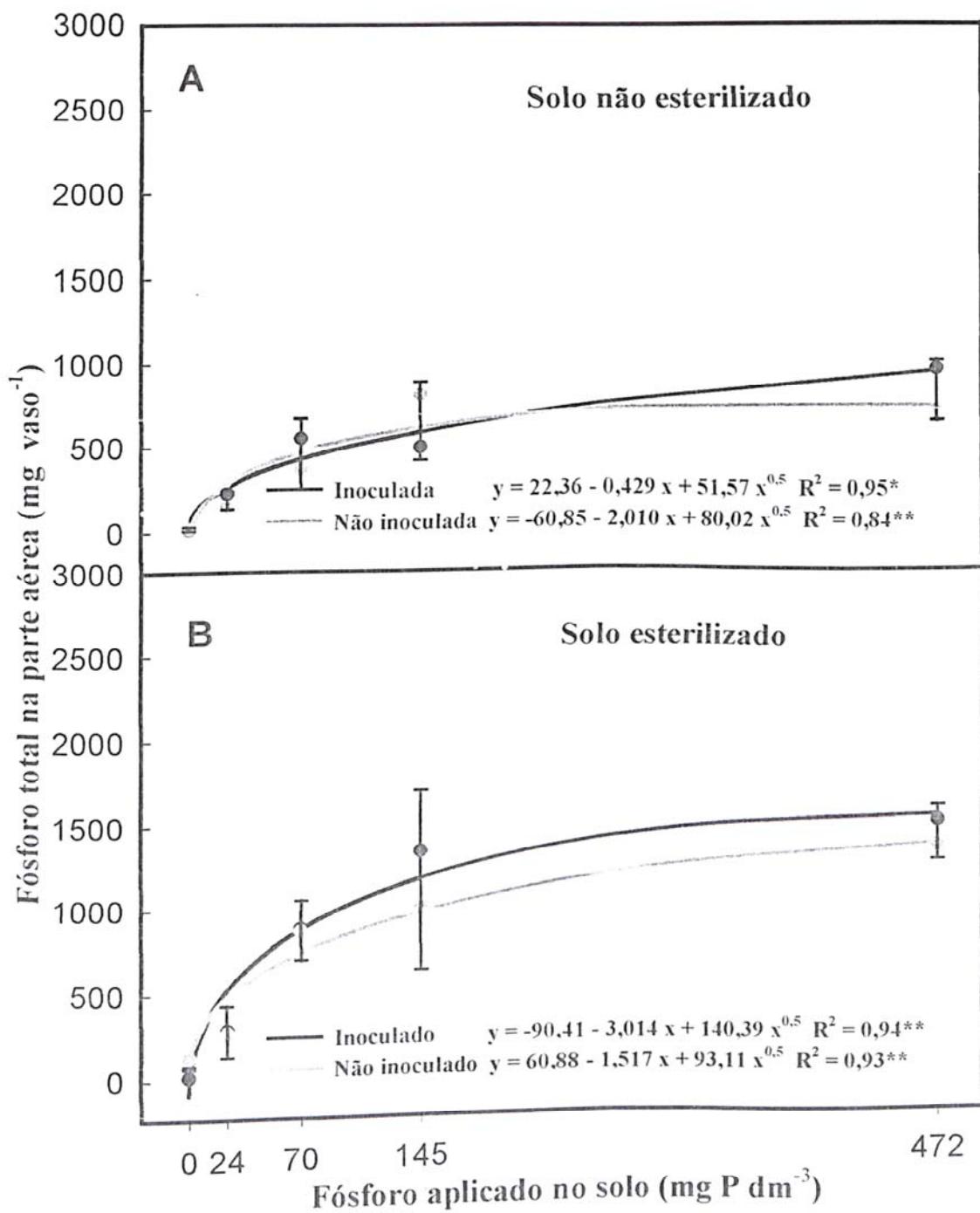


Figura 07 - Fósforo total de *Brachiaria decumbens* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

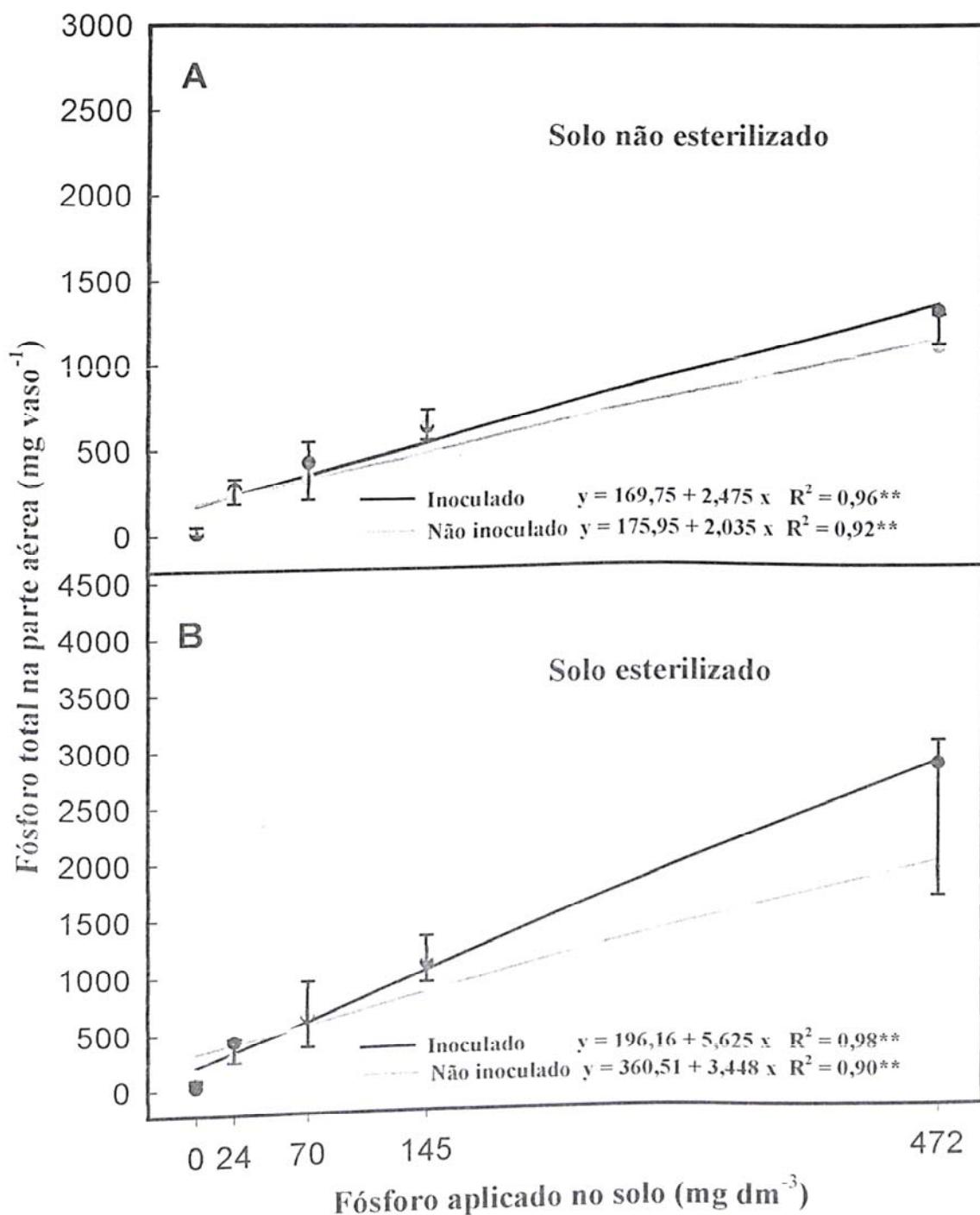


Figura 08 - Fósforo total de *Brachiaria brizantha* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado f.. não esterilizado com diferentes doses de aplicação de fósforo.

O acúmulo de fósforo tanto em *B. decumbens* quanto em *B. brizantha* não foi beneficiado pela micorrização nos dois tipos de solos (Figuras 7 e 8), refletindo a pouca resposta a inoculação obtida nos teores de P da parte aérea. O conteúdo de P na parte aérea, tal como o teor de P, também tendeu a estabilizar nas doses maiores que 70 mg dm⁻³ em *Brachiaria decumbens*, enquanto em *Brachiaria brizantha* aumentou linearmente nos dois tipos de solo com o aumento da aplicação de P. O acúmulo de P no solo esterilizado foi maior que no solo não esterilizado. Entretanto, como o crescimento e nutrição fosfatada tenderam a um equilíbrio após a dose 70 mg dm⁻³ de P aplicado fica claro que o benefício da autoclavagem não foi em aumentar o P disponível no solo.

As concentrações de K, Ca e Mg, assim como, as concentrações dos micronutrientes Cu, Zn, Mn e Fe (Tabelas 08 e 09) foram observadas na massa seca da parte aérea das braquiárias em estudo. A aplicação de P na forma de Supersimples diminuiu as concentrações de K, tanto na parte aérea no tratamento não esterilizado com no esterilizado, fato também relatado por Siqueira & Paula (1986) com as plantas colonizadas com *Glomus macrocarpum* em doses superiores a 60 ppm de P aplicado na forma de Supersimples em Latossolo Vermelho-Escuro. Isto provavelmente se deve ao Ca do Supersimples competir com K na absorção pela planta. A inoculação afetou pouco os teores K, apresentando maiores teores de K nas plantas não inoculadas na dose 24 mg dm⁻³ no solo não esterilizado e na dose 0 mg dm⁻³ no solo esterilizado tanto *B. decumbens* quando para *B. brizantha*.

Os teores de Ca e Mg foram pouco alterados pelos tratamentos. Devido à baixa variabilidade, pequenas diferenças estatisticamente significativa, porém sem haver uma comportamento de resposta que caracterizasse um efeito consistente.

Os teores de Cu foram extremamente baixos, tanto *B. decumbens* quanto para *B. brizantha*, indicando baixa absorção deste nutriente por braquiárias. As plantas inoculadas apresentaram maiores teores de Cu na dose 0 mg dm⁻³ do solo não esterilizado e nas doses de 0 e 70 mg dm⁻³ do solo esterilizado em *B. brizantha*. Em *B. decumbens* os teores foram abaixo do limite de detecção da metodologia adotada não sendo possível observar estas diferenças. As plantas não inoculadas apenas apresentam maior teor de Cu na dose 24 mg dm⁻³ no solo não esterilizado em *B. brizantha*.

Os teores de Zn também foram pouco influenciados pelos tratamentos *B. decumbens* quando para *B. brizantha*, porém apresentaram em *B. brizantha* na dose 472 mg dm⁻³ no solo não esterilizado e na dose 24 mg dm⁻³ no solo esterilizado valores muito superiores nas plantas inoculadas, sendo que estas se destacam das demais.

Os teores de Mn foram consistentemente mais elevadas no solo autoclavado no tratamentos *B. decumbens* quando para *B. brizantha*. Como os teores foliares no tratamento autoclavado não atingiram níveis tóxicos para braquiária (Lopes, 1999) sugere-se que a nutrição de Mn passa ter sido um dos fatores que estimulou o maior crescimento vegetal neste tratamento. Reforçando isto está o fato de a inoculação ter aumentado os teores de Mn em *B. brizantha* na dose 0 mg dm⁻³ no solo não esterilizado. No solo esterilizado foi verificado o comportamento já divulgado que os FMAs podem reduzir os teores de Mn na parte aérea das plantas (Cardoso *et al.* 2003) mostrando esta redução nas doses 70 e 145 mg dm⁻³.

Os teores de Fe foram pouco afetados pelos tratamentos de autoclavagem, aplicação de P e entre espécies de braquiária. Verificou-se respostas favoráveis ou desfavoráveis a inoculação dependendo da dose de P e de espécie de braquiária sem, no entanto, apresentar um comportamento que indicasse unia constância.

Tabela 08 - Concentração de macro e micronutrientes na espécie *Brachiaria decumbens* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de P aplicado.

SOLO NÃO ESTERILIZADO												SOLO ESTERILIZADO																		
	0						24						70						145						472					
	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I												
-----g kg ⁻¹ -----												-----g kg ⁻¹ -----																		
K	22a	21a	26a	22b	20a	19a	17a	17a	17a	16a	23a	17b	22a	23a	15a	15a	15a	15a	15a	15a	17a	18a								
Ca	5a	5a	6a	4b	5a	6a	5a	5a	5a	4a	5a	5a	6a	6a	5a	5a	5a	5a												
Mg	3a	4a	4a	4a	4a	5a	4a	4a	3a	4a	3a	4a	4a	4a	5b	6a	5a	5a	5a	4b	5a									
-----mg kg ⁻¹ -----												-----mg kg ⁻¹ -----																		
Cu	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a	0a																
Zn	0,2a	0,2a	0,1a	0,2a	0,1a	0,4a	0,3a	0,3a	0,1a	0,1a	0,2a	0,3a	0,1a	0,3a	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a	0,2a	0,1a	0,2a	0,1a	0,3a							
Mn	0,2a	0,2a	0a	0,1a	0,3a	0,4a	0,4a	0,4a	0,4a	0,3a	0,6a	0,6a	0,6a	0,6a	0,6a	0,6a	0,5a													
Fe	1a	1a	1a	0,3b	0,3a	0,3a	0,5a	0,2a	0,4a	0,5a	0,4b	1a	0,6a	0,4a	0,3a	0,3a	0,4a	0,3a	0,4a	0,3a	0,4a	0,3a	0,5a							

Letras comparam as médias de inoculação dentro de cada solo e dose de P, pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 09 - Concentração de macro e micronutrientes na espécie *Brachiaria brizantha* inoculada ou não inoculada com fungos micorrízicos arbusculares em solo esterilizado e não esterilizado com diferentes doses de P aplicado.

SOLO NÃO ESTERILIZADO												SOLO ESTERILIZADO														
	0	24	70	145	472		0	24	70	145	472		NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I
-----g kg ⁻¹ -----																										
K	22a	22a	26a	22b	20a	19a	15a	16a	17a	18a	23a	19b	18a	19a	14a	16a	15a	15a	15a	14a	14a	16a				
Ca	6a	7a	7a	4b	5a	6a	6a	6a	5a	5a	6a	6a	6a	6b	8a											
Mg	4b	5a	4a	3a	3a	5a	4a	6a	5b	7a	5b	6a	5a													
-----mg kg ⁻¹ -----																										
Cu	0,00b	0,03a	0,01a	0,00b	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00b	0,03a	0a	0a	0,00b	0,02a	0a	0a	0a	0a	0a	0a				
Zn	0,4a	0,6a	0,4a	0,1a	0,2a	0,0a	0,1a	0,04a	0,4b	1,0a	0,1a	0,2a	0,1b	1,1a	0,4a	0,5a	0,5a	0,3a	0,1a	0,4a						
Mn	0,2b	0,4a	0,1a	0,4a	0,3a	0,4a	0,4a	0,6a	0,4b	0,8a	0,6b	0,6a	0,5a													
Fe	0,6b	1,4a	0,7a	0,3b	0,5a	0,4a	0,4a	0,3a	0,3a	0,3a	0,4b	0,9a	0,3a	0,4a	0,4a	0,3a	0,4a	0,3a	0,3a	0,3a	0,5a					

Letras comparam as médias de inoculação dentro de cada solo e dose de P, pelo teste de Tukey a 5%.

5 CONCLUSÕES

- As diferentes fontes de inóculo avaliadas foram para culturas armadilhas resultaram na obtenção de fungos indígenas do solo cerrado sob três espécies de braquiária.
 - A fonte de inóculo que se recuperou maior número de espécie de FMAs foi amostra de solo indeformada.
 - O cultivo de plantas-isca por 17 dias nas amostras foi suficiente para isolar espécies de FMAs de rápida colonização.
 - A autoclavagem do solo beneficiou o crescimento das duas espécies de braquiária estudada.
 - A aplicação de P no solo aumentou os teores e o acúmulo de P em *B. brizantha* de forma linear.
 - Em *B. decumbens* os teores e acúmulo de P tendeu a equilíbrio após a dose 70 mg dm⁻³ de P aplicado.
 - Houve pouco efeito da inoculação no crescimento e nutrição das duas espécies de braquiárias, sugerindo baixa eficiência do fungo inoculado ou pouca dependência dos braquiárias aos FMAs.
 - A simbiose micorrízica mostrou melhor desenvolvimento, apresentando maior colonização e esporulação do fungo no solo autoclavado.
 - A população nativa de FMAs mostrou-se pouco eficiente e com baixo número de propágulos infectivos promovendo baixa colonização e esporulação dos FMAs.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. Amsterdam, v. 35, p. 121-150, 1991.
- ADRIANO, M. de L. A.; FERRERA-CERRATO, R.; VARELA, L.; SOILS D., F.; SALVADOR F., M. Poblacion micorrizica Del cultivo de banano clón “Gran Enano”. In: 14º Congresso Latinoamericano de la ciencia del suelo, Pucon. **Resumos ... Pucon**, Chile, 1999. CD-ROM.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. Boletim Informativo, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, V.25, N° 1, p.27-32. Viçosa, 2000.
- ALVES, G. L. N. **Micorriza vesicular-arbuscular no crescimento e utilização do fósforo do solo pela braquiária e estilosantes**. ESAL/Larvas/MG. Tese de Mestrado. 1988.
- AZIZ, T.; YUEN, J. E.; HABTE, M. Response of pineapple to mycorrhizal inoculation and fosetyl-al treatment. **Soil Sci. Plant Anal.**, v. 21, p. 2309-2317, 1990.
- BALOTA, E. L. & LOPES, E. S. Introdução de fungo micorrízico arbuscular no cafeeiro em condições de campo: I. Persistência e interação com espécies nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, p. 217-223, 1996.
- BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: Pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO - BIODIVERSIDADE E PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE ALIMENTOS E FIBRAS NOS CERRADOS, 1996. Planaltina – DF. Ed. Roberto Carvalho Pereira & Luiz Carlos Bhering Nasser. 1996.
- BARROW, N. J. **Reaction of anions and cations with variable-charge soils**. Adv. Agron., 38: 183-230, 1985.
- BATAGLIA, O. C. et al. Métodos de análise química de plantas. **Boletim Técnico Instituto Agronômico**. Campinas/SP. N° 78. 1983.
- BRUNDRETT, M.; MELVILLE, L., PETERSON, L. Isolating and propagating glomalean fungi. Practical Methods in Mycorrhizal Research. **Mycologue Publications**, Guelph, Ontário, Canada. 1994.
- CARRENHO, R. **Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA)**. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1998. Tese de Doutorado.
- COLOZZI FILHO, A. et al. Micorrizas arbusculares no agrossistema cafeeiro e adubação verde com leguminosas. 14º Congreso Latinoamericano de la ciencia del suelo, Pucon. **Resumos ... Pucon**, Chile, 1999. CD-ROM.

COLOZZI-FILHO, A. & BALOTA, E. L. Micorrizas arbusculares. In: **Manual de Métodos empregados em estudos de Microbiologia agrícola**. Brasília. 1994. Editado por Mariangela Hungria & Ricardo S. Araújo. P. 383-418. 1994.

COLOZZI-FILHO, A. & BALOTA, E. L. **Micorrizas arbusculares: práticas agronômicas e manejo de fungos nativos em sistemas agrícolas**. XXVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Rio de Janeiro, 1997. P.01 – 14. (CD-ROM).

COLOZZI-FILHO, A., SIQUEIRA, J. O. & OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorriza vesicular-arbusculares em alguns ecossistemas do Estado de Minas Gerais. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZA**, 1., 1985, Lavras, MG. Resumos ... Lavras, Ed. FAEPE, 1985. 68p.

COSTA, N. L.; PAULINO, V. T.; COSTA, R. S. C. et al., (COMPLETAR AUTORES) Efeito da micorriza arbuscular sobre o crescimento e nutrição mineral de *Paspalum coryphaeum* FCAP-08, In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 32, Brasília: SBZ, 1995.

DANIELS, B. A. & SKIPPER, H. D. Methods for the recovery and qualitative estimation of propagules from soil. In: **Methods and Principles of Mycorrhizal Research**. American Psychopathological Society. Ed. Shenck, N. C. p. 29 – 35, 1982.

DOOD, J. C. Recent advances in understanding the role of arbuscular mycorrhizal in plant production. In: **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships**. Ed. José Oswaldo Siqueira, et al. Viçosa: SBCS, Larvas: UFLA/DCS, 1999. 818p.

EUCLIDES FILHO, K. A pecuária de corte brasileira no terceiro milênio. In: **Biodiversidade e Produção Sustentável de Alimentos e Fibras nos Cerrados**, Planaltina/DF. 1996.

FERNANDES, A. B.; SIQUEIRA., J. O.; MENEZES, M. A. L. & GUEDES, G. A. A. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 11, p. 101-108, 1987.

FERNANDES, A. B. & SIQUEIRA, J. O. Micorrizas vesicular-arbusculares em cafeeiros da região sul do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. V.24: 1489-1498, 1989.

FORERO, E. G. Micorriza: Fundamentos biológicos y estado del arte. In: **Micorrizas - Recurso Biológico del Suelo**. Ed. Eduardo Guerreiro Forero. Bogotá, p. 207, 1996.

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

GIOVANETTI, M. & MOSSE, B. Na evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytology**, v. 84, 489-500, 1980.

GRAVINA, G. A. **Densidade de propágulos infectivos e capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), em solo sob leguminosas herbáceas perenes.** Tese de Mestrado. UFRRJ, Seropédica, 1998.

GUERRERO, E. et al. Perspectivas de manejo de la micorriza arbuscular en ecosistemas tropicales. In: **Micorrizas – Recurso Biológico del suelo.** Fondo Fen Colombia. Bogotá. 1996. P. 185 - 201.

JAKOBSEN, I & ANDERSEN, A. J. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and growth in barley: effects of irradiation and heating of soil. **Soil Biol. Biochem..** v.14, 171- 178p. 1982.

KABIR, Z & KOIDE, R. T. The effect of dandelion or a cover crop on mycorrhiza inoculum Potencial, soil aggregation and yield of maize. **Agriculture, Ecosystems & Environment.** V. 78, 2000, p. 167-174.

KOSKE, R. E. & GEMMA, J. N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. **Mycological Research,** Cambridge, v. 92, n.4, p.486-488, 1989.

LAMBAIS, M. R. & CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação da germinação de esporo de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v. 12, p. 249-255, 1988.

LAMBAIS, M. R. & CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas, v.13, n.2, p. 151154, 1988.

LOPES, A. S. **Solos sob cerrado – Características, propriedades e manejo.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrados: Pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, E XXXII REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32. Brasília, DF, 1995. P. 28-62.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. Ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHNER, H. & DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil,** v. 159, p. 89-102, 1994.

MARTINS, C. R.; MIRANDA, J. C. C. de & MIRANDA, L. N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida senfolia* Kunth em áreas degradadas do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 34, n. 4, p. 665-674, 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA DESENVOLVIMENTO (PNUD) - PROJETO BRA/94/016 – Contrato n. 139/98. Agenda 21 Brasileira. Área temática: Agricultura Sustentável. Resumo do documento Final. São Paulo, 1999. Disponível: site MMA URL: <http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/reuniao0056/agricsust.html>. Consultado em 31.agost. 2000.

MIRANDA, J. C. C.; SOUSA, D. M. G. & MIRANDA, L. N. Influência de fungos endomicorrízicos vesículo-arbusculares na absorção de fósforo e no rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 8: p. 31-36, 1984.

MIRANDA, J. C. C. & MIRANDA, L. N. Micorriza arbuscular. In: **Biologia dos solos dos Cerrados**. Ed. Vargas, M. A. T.; Hungria, M., Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. 67-111p.

MORTON, J. B. & BENNY, G. L. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, with an emendations of Glomaceae. **Mycotaxon**, Ithaca, v.37, p.471-491, 1990.

MURPHY, J. & RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. **Analytica chemica Acta.**, Amsterdam. V. 27. p.31-36. 1962.

NOVAIS, R. F. DE & SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, DPS, 399p.,1999.

MOREIRA, L. & ASSAD, E. D. Uso de imagem de satélite na identificação de pastagens degradadas. In: **International Symposium Soil functioning under pastures in intertropical areas**. Brasília, Embrapa Cerrados, 2000.

PEREIRA, M. G. **Fe, Al e Mn extraíveis com índices de Pedogênese e Adsorção de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1996. Tese de Doutorado.

RAID, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo; Piracicaba: Ceres, Potafos. 1991. 343p.

REDECKER, D.; MORTON, J.B.; BRUNS, T.D.; Molecular phylogeny of the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus sinuosum* and *Sclerocystis coremioides*. **Mycologia**, Berkeley/USA, v. 92 (2): 282 - 285.

RHEINHEIMER, D. S. et al. Efeito do cultivo sucessivo e inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e nutrição do capim-pensacola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 43-48, 1995.

SAGGIN JÚNIOR, J. O. & LOVATO, P. E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil biology and plant nutrition interrelationships**. Ed. José Oswaldo Siqueira, et at. Viçosa, 1997. 135p. Tese de Doutorado.

SAGGIN JÚNIOR, J. O. & LOVATO, P. E. Aplicação de micorrizas arbusculares na produção de mudas e plantas micropropagadas. In: **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships**. Ed. José Oswaldo Siqueira, et al. Viçosa: SBCS, Larvas: UFLA/DCS, 1999. 818p.

SAGGIN JÚNIOR, O. J. **Micorrizas arbusculares em mudas de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro**. Lavras: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 135p. Tese de Doutorado.

SAIF, S. R. Growth responses of tropical forage plant species to vesicular-arbusculares mycorrhizae. **Plant and Soil**, 97, p. 25-35, 1987.

SANO, E. E., CHAVES, J. M., BEZERRA, H. S. & FEITOSA, L. Identificação dos principais tipos de pastagens cultivadas do Cerrado a partir de Sensoriamento Remoto. In: **International Symposium Soil functioning under pastures in intertropical areas**. Brasília, Embrapa Cerrados, 2000.

SANTOS, A. L.; SOUZA, F. A. de; GUERRA, J. G. M. & BERBARA, R. L. L. Estabelecimento e capacidade infectiva de *Gigaspora margarita* e *Glomus clarum* em solo sob erosão. 2000 (submetido).

SCHENCK, N. C. & PEREZ, Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Gainesville, INVAM – University of Florida, 1987. 245p.

SCHENCK, N. C.; SIQUEIRA, J. O. & OLIVEIRA, E. Chances in the incidence of VA mycorrhizal fungi with changes in ecosystems. In: **Interrelationships between microorganisms and plants in soil**. Vancura, V. & Kunc, E. (Eds.) Elsevier, New York, p. 125-129, 1989.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Federal Republic of Germany, Eschborn. Friedland Bremer, 1991. 371p.

SILVA, F. C. DA et. al. **Manual de Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa – CNPS, 1998. 56 p. Documento; 3.

SILVA, L. H. B. DA; MIRANDA, J. C. C. DE & MIRANDA, L. N. DE. Efeito da micorriza vesiculotubular no crescimento da variedades de trigo sensível e tolerante ao alumínio, em solo do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, V18: 407-414, 1994.

SIQUEIRA, J. O.; MAHMUD, A. W. & HUBBELL, D. H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas. V. 10: p. 11-16, 1986.

SIQUEIRA, J. O., COLOZZI-FILHO, A., FARIA, F. H. S. & OLIVEIRA, E. Efetividade simbiótica de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares para o algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, V-10: 213-218, 1986.

SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. **Biotecnologia do Solo: Fundamentos e Perspectivas**. Brasília, MEC/ABEAS, 1988. 235p.

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

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, 1991. **Programas e resumos ...** Mendes: EMBRAPA-CNPBS/UFRRJ, 1991. P. 105-131.

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

SIQUEIRA, J. O. & MOREIRA, F. M. S. Microbiologia do solo e a sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, XXII., Manaus/AM, 1996. Palestras, Manaus, SBCS, p. 1-14, 1996.

SIQUEIRA, J. O. & KLAUBERG FILHO, O. **Micorrizas na agricultura sustentável.** In: Seminário Internacional do Sistema Plantio Direto, 2., 1997, Passo Fundo, RS. Anais. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 310p.

SIQUEIRA, J. O. & KLAUBERT FILHO, O. Micorrizas arbusculares: a pesquisa brasileira em perspectiva. In: **Tópicos em Ciência do Solo.** Ed. Novais, R. F.; Alvarez V., V. H. & Schaefer, C. E. G. R. V. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. v.1, 235-264p. 2000.

SOUZA, F. A. de; TRUFEM, S. F. B.; ALMEIDA, D. L. de; SILVA, E. M. R. da; GUERRA, J. G. M. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p. 1913-1923, 1999.

SPOSITO, G. **The surface chemistry of soils.** New York, Oxford University, 1984. 234p.

STEWART, J. W. B.; TIESSEN, H. Dynamics of soil organic phosphorus. **Biogeochemistry**, Netherlands, v. 4, p. 41-60, 1987.

STÜRMER, S. L. O papel da morfologia na reinterpretação dos padrões e processos evolutivos em FMA. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5 E REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu, MG. **Resumos...** Caxambu, MG: UFLA/SBCS/SBM, 1998. 863p.

STÜRMER, S. L. Evolução, classificação e filogenia dos fungos micorrízicos arbusculares. In: **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Soil fertility, soil biology and plant nutrition interrelationships.** Ed. José Oswaldo Siqueira, et al. Viçosa: SBCS, Larvas: UFLA/DCS, 1999. 818p.

SYLVIA, D. M. Fundamentals and applications of arbusculares mycorrhizae: A “biofertilizer” perspective. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5 E REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu, MG. **Resumos...** Caxambu, MG: UFLA/SBCS/SBM, 1998. 863p.

SYLVIA, D. M. Mycorrhizal symbioses. In: **Principles and Applications of Soil Microbiology.** D. M. Sylvia et al. (ed.) Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 1998. Disponível: site INVAM. URL: <http://www.dmsylvia.ifas.ufl.edu/publnc.htm>. Consultado em 18 nov. 1999.

TRUFEM, S. F. B & BONONI, V. L. Micorrizas vesículo-arbusculares de culturas introduzidas em áreas de cerrado. **Rickia**, v. 12, p. 165-187, 1985.

TRUFEM, S. F. B. & BONONI, V. L. Endomicorrizas vesículo-arbusculares do cerrado da reserva biológica de Moji-Guaçu, SP, Brasil. **Rickia**, v. 10, 55- 84, 1983.

ZIMMER, A. H. & CORREA, E. S. A Pecuária Nacional, uma pecuária de pasto? In: Encontro sobre Recuperação de Pastagens: 1. Nova Odessa, SP, 1993, **Anais...** Ed. Valdinei Tadeu Paulino et al., 1-26p. 1993.

ZIMMER, H. A. & EUCLIDES FILHO, K. As Pastagens e a Pecuária de Corte Brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1 .,1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: 1997.

ZONTA, E. P., MACHADO, A. A. & SILVEIRA JÚNIOR, P. **Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST)**. Pelotas: Departamento de Matemática e Estatística, 1984. 151p.