

IMPACTO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL SOBRE UM FRAGMENTO DE FLORESTA URBANA SEMI-DECIDUAL (PARQUE DO CINQUENTENÁRIO, MARINGÁ – PR) SOBRE AS COMUNIDADES NATIVAS DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES.

IMPACT OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION ON A PIECE OF SEMIDECIDUOUS URBAN FOREST PARQUE DO CINQUENTENÁRIO, MARINGÁ/PR ON THE NATIVE COMMUNITIES OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI.

Márcio Antônio Muniz Lippert¹; Rosilaine Carrenho²

^{1,2} Universidade Estadual de Maringá – UEM – Maringá – Brasil

biotecman@hotmail.com

RESUMO

Estudos sobre fungos micorrízicos arbusculares (FMA) têm demandado muita atenção devido a sua importância para os ecossistemas. Em decorrência da necessidade de se reabilitar ecossistemas degradados pela atividade humana, há grande interesse em estudos sobre a biologia e os efeitos benéficos dos FMA no crescimento e desenvolvimento de plantas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da ação antrópica sobre a diversidade e a distribuição das comunidades de FMA nativos do Parque Cinquentenário. Foram coletadas trinta e cinco amostras de solo em área fortemente antropizada no Parque Cinquentenário, localizado no município de Maringá, PR. Os esporos foram extraídos do solo via peneiramento úmido e centrifugação em sacarose, montados em lâminas e identificados. Durante a amostragem também foram coletadas raízes para análise da colonização radical por FMA. As comunidades de FMA foram avaliadas por meio de índices ecológicos (riqueza de Margalef, diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou). Foram recuperados 2.924 esporos e 28 táxons de FMA, sendo *Glomus*, o gênero com maior número de espécies (18). *Glomus macrocarpum* foi a espécie mais freqüente e *Glomus sinuosum* foi a espécie com maior número de esporos (984). Os resultados indicam que apesar do parque estar sofrendo um processo de degradação ambiental não houve comprometimento nas porcentagens de colonização micorrízica. A baixa diversidade de morfotipos de esporos pode estar indicando retração das espécies de FMA, por causa da perda de qualidade ambiental, mas isso não pode ser confirmado.

Palavras-chave: Colonização por FMA; Diversidade de Plantas; Riqueza de Espécies.

ABSTRACT

Studies on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have demanded a lot of attention due to their importance for the ecosystem. Resulting on the necessity of rehabilitate degraded ecosystems through human activity. There is a great interest in studies on the biology and its beneficial effects of the AMF on the growth and development of plants. In this context, the present study was made to evaluate the influence of anthropogenic action on the diversity and distribution of native AMF communities of the Parque Cinquentenário located in the city of Maringá, PR. It was collected thirty-five samples in order to isolate spores of AMF and to multiply these organisms in pots. The spores were extracted from the soil by wet sieving and sucrose flotation and mounted in slides with PVLG and PVL + Melzer. It were also collected roots from each soil sample for quantifying the radical colonization by AMF.

The communities of AMF were evaluated by ecological indexes (abundance of Margalef, diversity of Shannon and equability of Pielou). It was recovered a total of 2,924 spores and 28 AMF taxa, being *Glomus* the genus with the greatest number of species (18). *Glomus macrocarpum* was the most frequent species; *Glomus sinuosum* was the species with the higher number of spores. The results indicated that although the park is undergoing a process of environmental degradation, it was also not compromised in percentage of mycorrhizal colonization. The low diversity of species of AMF may indicate loss of the AMF species due to loss of environmental quality but that cannot be confirmed.

Key-words: Colonization by arbuscular mycorrhizal fungi; Diversity of the plants; Abundance of species.

INTRODUÇÃO

Na natureza, há evidências do efeito benéfico das associações micorrízicas arbusculares com diversas plantas superiores. Em algumas espécies vegetais, a dependência micorrízica é tão acentuada que, na ausência da simbiose, estas não conseguem absorver os nutrientes necessários para a sua sobrevivência (de Souza 2000). Fungos micorrízicos arbusculares (FMA) apresentam ocorrência generalizada e possível ausência de especificidade hospedeira (Allen, 1998), podendo se associar a cerca de 200.000 espécies de plantas (Johnson *et al.* 2005).

Estão presentes na maioria dos habitats, tanto em ecossistemas naturais preservados quanto naqueles alterados pelo homem (Sylvia & Chellemi 2002). A importância da simbiose micorrízica arbuscular é conhecida tanto em sistemas naturais como manejados, e a associação tem sido considerada um dos principais fatores moduladores da sustentabilidade dos ecossistemas (Jeffries *et al.* 2003).

A caracterização das comunidades de FMA em áreas urbanizadas é importante para o estudo da incidência das espécies fúngicas que poderão ser úteis no estudo das relações ecológicas entre o fungo simbionte (micobionte) e a planta hospedeira (fitobionte). O estudo da ocorrência, da diversidade e da dinâmica populacional dos FMA tem sido um desafio, dada às dificuldades de identificação desses fungos, tanto livres no solo como no interior de raízes (Colozzi & Cardoso 2000).

Devido à influência diferenciada destes fungos sobre o crescimento das plantas, acredita-se que os FMA tenham potencial para influenciar a dinâmica das comunidades vegetais, mediando relações interespecíficas como competição (Bever *et al.* 2001) e cooperação.

Além disso, esses fungos apresentam grande importância para programas de restauração e reabilitação ambiental (Siqueira & Saggin-Júnior 2001; Caproni *et al.* 2003; Pouyú-Rojas *et al.* 2006). Estudos sobre a diversidade, a dinâmica das populações de FMA e suas relações com os hospedeiros poderão contribuir para uma melhor compreensão sobre a biodiversidade da região (Fitter 2005).

A comunidade de plantas pode alterar a composição de FMA de determinado local (Sanders & Fitter 1992). No entanto, a diversidade de espécies de FMA não segue a de plantas (Allen *et al.* 1998). Assim, pode ocorrer abundância de FMA na presença de poucas espécies vegetais ou vice versa.

De acordo com Bever (2002), a planta hospedeira pode ser um dos principais fatores que regulam a composição e a estrutura das comunidades de FMA, pois cada fase de desenvolvimento, como germinação de esporos, crescimento das hifas, colonização radical e esporulação, é influenciada pelas raízes das plantas.

A acelerada fragmentação das florestas tropicais é uma das maiores ameaças atuais à biodiversidade. Vários fatores advindos da fragmentação, tais como os efeitos de borda, impedimento ou redução na taxa de migração entre fragmentos, diminuição do tamanho populacional efetivo com conseqüente perda da variabilidade genética e invasão de espécies exóticas, contribuem para a deterioração de uma paisagem composta por fragmentos florestais (Brasil, 2002).

Os organismos presentes nas bordas de fragmentos florestais estão submetidos a fatores bióticos e abióticos diferentes do ambiente original. Essa mudança ocorrida na borda que difere do interior dos fragmentos pode afetar o estabelecimento e o crescimento de plântulas e, conseqüentemente, a regeneração da floresta.

O presente trabalho avaliou o grau de micorrização e a diversidade de FMA do parque com o objetivo de fornecer subsídios para a elaboração de um plano de manejo, caso se verifique comprometimento da associação MA em função da antropização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Área - a unidade biogeográfica em que se encontra o Parque do Cinquentenário pertence à formação original do conjunto mata Atlântica, do domínio da floresta Estacional Semi-Decidual (IBGE, 1990) submontana (abaixo de 500 m). O parque localiza-se na altitude 23°22'S e longitude 51°56'W. A altitude máxima do parque é de 495 m e a mínima é de 448 m.

De acordo com o levantamento de reconhecimento dos solos do Paraná (EMBRAPA 1984), na área de estudo, encontram-se as seguintes unidades: solos de origem eruptiva (Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo) e solos resultantes da decomposição do Arenito Caiuá e das rochas eruptivas (Latossolo Vermelho-Escuro e Solos Litólicos). Observa-se que ao longo do parque em alguns momentos, o solo aparece quase desnudo, porém em sua maior parte apresenta grande quantidade de samambaias e plantas jovens, apresentando-se altamente heterogêneo, quanto à fertilidade.

Segundo a classificação de Köppen, o tipo climático predominante na região é o Cfa, ou seja, subtropical úmido, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C, e as temperaturas médias anuais são superiores a 20°C.

O parque possui algumas áreas de mata mais densa com grande variabilidade de espécies vegetais, árvores de grande, médio e pequeno porte, em alguns momentos formando um dossel denso, em outros, clareiras, possuindo vegetação lenhosa com estrato arbóreo superior em regressão (Paula & Ferreira 2005). Em seu interior, o parque não apresenta áreas erodidas, mas estas estão presentes no seu entorno e junto ao córrego, em razão da ausência de mata ciliar. No interior do parque são observadas inúmeras clareiras, que promovem o adensamento de lianas e cipós e redução da diversidade da vegetação epífita.

Existem, porém, algumas áreas de mata mais densa, com árvores de 18 a 25 metros de altura. A ação antrópica em torno do parque é nítida, encontrando-se grande

quantidade de entulhos de construção civil e resíduos sólidos. As áreas mais abertas do parque são rodeadas por trilhas que atravessam os limites do parque onde se encontra grande quantidade de lixo de todos os tipos.

Coleta do Solo – a coleta de solo e raízes foi realizada no mês de fevereiro de 2008. Foram retiradas amostras pontuais, com aproximadamente 200 g de solo escolhidos em 35 pontos aleatoriamente iniciando-se a partir das margens do córrego Mandacaru, região visivelmente perturbada onde se encontram as áreas mais danificadas do parque, e posteriormente procedeu-se a coleta ao redor de todo o parque (Figura 1).



Figura 1. Parque Cinquentenário, remanescente florestal antropizado, localizado no município de Maringá, PR. Pontos marcados com estrelas correspondem aos pontos de coleta

Análise Química do Solo – separou-se em torno de 50 gramas (g) de solo de cada amostra para análise em laboratório das propriedades químicas do solo do Parque Cinquentenário.

Tabela 1. Propriedades químicas do solo do Parque Cinquentenário (Maringá, PR).

Estatística	Macronutrientes						
	pH (H ₂ O)	H+AL ³⁺	Ca ²⁺ Cmol _c .dm ⁻³	Mg ²⁺	K ⁺	P mg.dm ⁻³	C g.dm ⁻³
Média	6,62	2,47	12,28	3,48	0,95	12,44	32,06
Desvio-Padrão	0,42	0,40	3,89	0,47	0,34	7,87	6,30
Coeficiente de Variação	6,44	16,40	31,71	13,57	36,65	63,29	19,67
	Micronutrientes						
	Fe	Cu	Mn	Zn	B	S	
	mg.m ⁻³						
Média	56,52	11,37	208,54	11,24	0,32	8,96	
Desvio-Padrão	82,31	12,50	48,83	3,52	0,08	4,80	
Coeficiente de Variação	145,63	109,88	23,41	31,34	26,96	53,66	

Esta análise foi feita no departamento de química da Universidade Estadual de Maringá onde foram avaliados os macro e micronutrientes encontrados no solo (Tabela 1).

Porcentagem de colonização radical por FMA (CR) – cerca de 1 grama em peso fresco das raízes mais finas foram retiradas das amostras de solo, lavadas, diafanizadas e coradas com azul de Tripiano (Phillips & Hayman 1970). A porcentagem de colonização total foi estimada pelo método da intersecção de quadrantes, em microscópio estereoscópico (Giovannetti & Mosse 1980) e em microscópio óptico (Mc Gonigle *et al.*, 1990), discriminando-se as estruturas de colonização presentes (hifas, vesículas e arbúsculos).

Composição das comunidades de FMA - de cada amostra de solo foi retirada uma alíquota de 50 g para extração dos esporos. Esta foi realizada pela técnica de peneiramento por via úmida (Gerdemann & Nicolson 1963), seguido pela centrifugação em solução de sacarose 50% (Jenkins, 1964). As lâminas foram preparadas e observadas em microscópio óptico após a fixação dos esporos em PVLG ou PVLG + Melzer e identificadas até o nível específico, utilizando-se descrições contidas no manual de Schenck & Pérez (1988).

Os dados de abundância e de frequência de ocorrência das espécies foram determinados através da porcentagem de indivíduos de cada espécie em relação ao total de fungos micorrízicos obtidos nas coletas e estes índices foram utilizados para calcular os índices de diversidade e de equabilidade (Ludwing & Reynolds 1988). O índice de Shannon (H) indica a diversidade de espécies, considerando o número de espécies e a abundância de cada espécie. O índice de Pielou (J) indica a homogeneidade na ocorrência das espécies e é calculado pela divisão do H pelo Hmax (que corresponde ao índice de maior valor encontrado) alcançado quando todas as populações têm a mesma abundância.

Análise Estatística – os dados quantitativos foram submetidos à análise descritiva utilizando-se o programa ASSISTAT 7.5 beta (2008) a 5% de probabilidade. As variáveis relacionadas com a micorrização e a estruturação das comunidades de FMA foram correlacionadas entre si e com as propriedades do solo, a partir da correlação de Spearman, utilizando-se o mesmo programa citado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Colonização Radical

Os resultados demonstraram elevada colonização MA em toda a extensão da raiz, com valores variando de 52,1% a 91,9%. (Tabela 2). Segundo Allen (1991), a colonização das raízes por FMA, sob condições naturais de fertilidade, varia amplamente, mas a maioria das famílias apresenta colonização variando de 20 a 70%. Observou-se também, grande quantidade de raízes colonizadas por arbúsculos do tipo Arum, que variou de 51,5% a 89,9%. Segundo Silva *et al.* (2004), a principal característica da associação dos FMA com as plantas hospedeiras é a formação dos arbúsculos no córtex da raiz, permitindo a troca de nutrientes e, assim, potencializando a produtividade da planta hospedeira.

Micorrizas do tipo Arum são comuns em espécies arbóreas (Dickson *et al.* 2007) e são caracterizadas por apresentar hifas intercelulares e arbúsculos intracelulares, enquanto as do tipo Paris apresentam hifas intracelulares enoveladas (coils) com arbúsculos enovelados (Cavagnaro *et al.* 2001; Gross *et al.* 2003). A morfologia Paris foi encontrada em apenas seis amostras e a colonização variou de 0,6 a 2,0%. A incidência de vesículas foi menor que a de arbúsculos, sendo estas estruturas observadas em apenas treze amostras, com porcentagens variando de 0,5 a 3,3%.

Hifas intercelulares e extraradiciais foram evidenciadas em apenas nove amostras, sempre em baixa frequência (0,5-2,2% e 0,7-2,2%, respectivamente).

O aumento da colonização micorrízica pode ou não estar correlacionado com o aumento do crescimento da planta, como demonstrado por Jaizme-Veja & Azcón (1995), que revelam a ocorrência de uma grande variabilidade na capacidade do FMA em colonizar as raízes do hospedeiro e promover o crescimento vegetal. Normalmente, a eficiência micorrízica está relacionada à quantidade de micélio externo formado no solo, como também na formação de arbúsculos. Certos FMA podem possuir grande capacidade de colonizar o hospedeiro, porém a proporção de hifas externas (estruturas que permitem a maior absorção de nutrientes) varia muito entre as espécies de FMA (Marschner 1995).

Número Total de Esporos

Ao todo, foram recuperados 2.924 esporos (Tabela 3). Destes, 2.908 esporos foram identificados ao nível de espécie e apenas 16 esporos permaneceram sem identificação por se encontrarem danificados ou com sua estrutura modificada, sendo caracterizados como esporos não identificados. O número total de esporos em 50 gramas de solo nos 35 pontos coletados do parque variou de 1 a 587 esporos por amostra, não gerando uniformidade nos dados. De modo geral, o número de esporos foi baixo, mas quando espécies esporocárpicas estavam presentes, este número aumentava significativamente.

Comunidades de FMA

O número de espécies observado nas amostras foi baixo, variando de uma a 11 espécies (Tabela 2). Os índices de diversidade também foram baixos e variaram de zero a 0,79. Já era esperado que a diversidade nesse ambiente fosse baixa devido à grande quantidade de esporos em esporocarpos. Mesmo a diversidade sendo baixa, verifica-se grande capacidade infectiva das espécies presentes. Munyanzia *et al.* (1997) relatam que em florestas não perturbadas a riqueza de esporos de FMA é muito baixa e aumenta em função do grau de perturbação. Cordeiro *et al.* (2005), avaliando a densidade de esporos de FMA em solos de Cerrado, também observaram menor número de esporos em áreas com vegetação nativa do que em agrossistemas. A menor densidade de esporos na floresta pode ser consequência da maior estabilidade do ecossistema, com horizontes superficiais mais protegidos contra perturbações bruscas, dando garantia da sobrevivência das espécies com baixa esporulação. Pode-se considerar também, que em condições de mata haja uma biota micófila mais diversa e ativa que pode utilizar os esporos como alimento, reduzindo o número destes propágulos. Ainda, neste ambiente podem existir espécies de plantas que não proporcionam grandes esporulações (Caproni 2001). Isto se deve provavelmente ao fato dos esporos serem estruturas de resistência e a sua existência no sistema costuma ser reduzida no período de chuvas, quando outras estruturas, como hifas, são mais abundantes (Caproni *et al.* 2000).

Carrenho & Santos (2006), avaliando a diversidade de FMA no Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes, outro fragmento florestal do município de Maringá, verificaram baixa riqueza de espécies (4 na área mais degradada, e 8 na mais preservada) e baixo número de esporos (2-28 e 4-88 em 883 ml de solo, nas áreas degradada e preservada, respectivamente).

A avaliação da riqueza de espécies de FMA pela metodologia utilizada pode estar subestimando a diversidade existente nas áreas avaliadas. A extração de esporos via peneiramento úmido, contagem e identificação a partir de amostras de solo coletadas diretamente do campo, pode não ter sido suficiente para resgatar todas as espécies de FMA, uma vez que estes podem estar presentes sob formas de propágulos infectivos, como hifas e/ou colonizando pedaços de raízes colonizadas (Caproni *et al.* 2003).

Embora a abundância de esporos no solo não seja indicativo da associação micorrízica, a ausência do esporo também não representa necessariamente a ausência do fungo, pois existe um espaço de tempo entre a associação micorrízica e a esporulação. É difícil comparar a colonização micorrízica de diferentes plantas devido à compatibilidade diferenciada com as espécies de FMA existentes no solo e à variação nas características genéticas das plantas (Smith & Gianinazzi-Pearson 1988).

Ao avaliar o grau de associação entre as diversas variáveis investigadas verificou-se que estas se apresentaram positiva ou negativamente correlacionadas. A porcentagem de colonização radical total e a porcentagem de colonização por arbúsculos apresentaram correlação significativa entre si e com os elementos: cálcio, magnésio, carbono, ferro, cobre, manganês, e com o pH do solo. A colonização radical total também se mostrou negativamente correlacionada com o potássio. Constata-se que as relações entre as porcentagens de colonização radical e as propriedades químicas do solo foram muito variadas. Altas porcentagens de colonização radical podem ser verificadas em grande amplitude de níveis de pH e P. Estes resultados podem estar relacionados ao efeito diferenciado dos nutrientes minerais sobre as espécies de FMA. Trabalhando com sorgo, Medeiros *et al.* (1994) verificaram que isolados de uma mesma espécie de FMA responderam diferentemente ao pH; alguns isolados apresentaram maior colonização em pH baixo, enquanto outros foram beneficiados pelo aumento do pH. (Tabela 02)

Os resultados demonstrados a seguir caracterizam a complexidade da associação micorrízica. Em determinadas condições ambientais e estádios de desenvolvimento dos FMA, teores maiores ou menores de nutrientes poderão beneficiar ou não a simbiose. Desvendar os mecanismos que controlam a associação MA é fundamental para que o manejo dessa simbiose seja eficiente (Johnson *et al.* 1992). Conforme Silveira (1992), o pH afeta a simbiose micorrízica, diretamente, pelo efeito da permeabilidade das membranas, tanto das plantas quanto dos fungos, ou, indiretamente, na disponibilidade de nutrientes.

Existe ainda uma relação do pH com a germinação dos esporos, pois o fator fungistático dos solos ácidos que está associado à elevada concentração de alumínio, atua sobre os propágulos dos FMA na rizosfera antes da colonização, afetando a taxa de germinação dos esporos, especialmente de *Glomus* (Araújo *et al.* 2003).

Májer (2004) verificou que, embora o magnésio do solo fosse encontrado em concentrações consideradas adequadas, ocorriam sintomas de deficiência nas folhas, fato confirmado pela análise da concentração deste nutriente. A absorção de magnésio, neste estudo, foi confirmada pela correlação positiva entre a concentração foliar do magnésio e seu teor nesta camada de solo.

Além do teor de magnésio no solo, outros fatores podem influenciar sua absorção, como por exemplo, a concentração de íons no solo como o potássio (Bergman *et al.* 1960) e o cálcio (Garcia *et al.* 1999). A redução na concentração foliar de magnésio ocasionada pelo aumento da concentração de cálcio e potássio tem sido observada em vários estudos (Garcia *et al.* 1999, Bergman *et al.* 1960, Wolf *et al.* 1983, Ruhl 1991, Bogoni *et al.* 1995).

A relação entre esses cátions e o magnésio, em alguns casos, tem sido mais bem correlacionada com a nutrição das plantas do que com a concentração isolada de magnésio (Dal Bó *et al.*, 1989; Amiri & Fallahi, 2007).

Segundo Silveira *et al.* (2001), o cálcio e o magnésio são importantes para a regulação da hidratação, ativação de enzimas e, no caso do magnésio, na fotossíntese. No entanto, em diversos experimentos realizados com frutíferas, verificou-se que os FMA têm o poder de reduzir a absorção desses elementos (Souza *et al.* 2002).

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis, colonização radical total (CRT), colonização arbuscular (CA), número total de esporos (NTE), número de espécies de FMA (SPP), riqueza (RIQ), diversidade (DIV) e equabilidade (EQUA).

Estatística	Variáveis						
	CRT	CA	NTE	SPP	RIQ	DIV	EQUA
	%		50 g solo				
Valor Mínimo	52,1	51,5	1	1	0,82	0	0
Valor Máximo	91,9	89,9	587	11	7,16	0,86	0,89
Média	65,5	64,0	83,65	4,74	3,56	0,37	0,49
Desvio Padrão	12,3	12,1	140,47	2,42	1,78	0,23	0,26
Coefficiente de Variação	18,7	19,02	167,91	51,22	49,95	60,97	53,80

Tabela 3. Correlação das propriedades do solo com as variáveis micorrízicas, colonização radical total (CRT), colonização arbuscular (CA), número total de esporos (NTE), número de espécies de FMA (SPP), riqueza (RIQ), diversidade (DIV) e equabilidade (EQUA).

Propriedades	Variáveis						
	CRT%	CRA %	NTE	SPP	RIQ	DIV	EQUA
H+Al ³⁺	0,077	0,080	0,146	-0,014	-0,008	0,006	0,030
Ca ²⁺	0,593**	0,578**	-0,199	0,192	0,368*	0,369*	0,327
Mg ²⁺	0,595**	0,573**	-0,100	-0,007	0,078	0,173	0,1388
K ⁺	-0,270	-0,518	0,118	0,003	-0,134	-0,110	-0,176
P	0,293	0,301	-0,143	0,129	0,195	0,211	0,142
C	-0,522**	-0,518**	0,281	0,018	-0,1315	-0,025	0,020
pH (água)	-0,413*	-0,412*	0,133	0,193	0,044	0,027	0,023
Fé	0,383*	0,383*	-0,160	0,109	0,380*	0,338*	0,308
Cu	0,418*	0,426*	-0,200	0,126	0,296	0,275	0,229
Mn	-0,37*	-0,374*	0,209	0,100	-0,121	0,003	-0,001
Zn	0,017	0,018	0,122	0,314	0,329	0,450**	0,410*
B	-0,149	-0,132	0,384*	0,250	0,263	-0,125	0,235
S	-0,158	-0,170	-0,122	0,015	0,388*	0,355	0,460**
CRA %	-0,990**	-	-0,250	0,024	0,019	0,032	-0,029
SPP	0,027	0,023	0,316	-	0,547**	0,651**	0,392*
DIV	0,046	0,047	-0,156	0,623**	0,907**	-	-
EQUA	-0,021	-0,098	-0,246	0,148	0,857**	0,9138**	-
NTE	-0,272	-0,250	-	0,316	-0,320	-0,1175	-0,203

Com relação ao cálcio e ao magnésio, ocorreram correlações negativas muito significativas entre o percentual de colonização das raízes e a concentração de cálcio, tanto na parte aérea como das raízes, e significativa para a correlação com o percentual de magnésio indicando que, quanto maior a colonização radical, menor a absorção destes elementos, o que, segundo Souza & Cardoso (2001) e Silveira (1999), é uma característica dos FMA, que têm a capacidade de reduzir a absorção desses elementos, variando em função da espécie de fungo e da planta.

A deficiência de cálcio acarreta restrição ao desenvolvimento das raízes, pois este elemento não é translocado da parte aérea para as porções novas da raiz em crescimento. Sem a presença de cálcio não ocorre absorção iônica, além de este garantir a integridade da lamela média na membrana plasmática, dificultando, desta forma, o crescimento das raízes (Malavolta 1993).

Normalmente, a presença de FMA não altera os nutrientes difusos de forma livre no solo (Harley & Smith, 1983), os quais podem ser interceptados e assimilados por suas hifas. A maioria dos nutrientes presentes na solução do solo (potássio, cálcio, magnésio, sódio, enxofre) não tem dificuldade de movimentação (Schwab *et al.* 1991), mas elementos mais pesados, como fósforo, cobre e zinco, são assimilados mais facilmente quando as raízes encontram-se micorrizadas (Bolan 1991).

Muitos trabalhos mencionam a tolerância de certas plantas a metais pesados, mas poucos destacam o papel dos FMA na absorção seletiva de íons ou na exclusão de micronutrientes sob concentrações tóxicas (Kabata-Pendias & Pendias 2001, Gaur & Adholeya 2004).

Teores elevados de cobre no solo são tóxicos tanto para a planta hospedeira como para os FMA. Para zinco e cobre a literatura é abundante em evidenciar o efeito benéfico das micorrizas na absorção pelas plantas. Lambers *et al.* (1998) demonstraram este efeito, relacionado com a absorção de fósforo. O carbono participa da síntese dos compostos orgânicos necessários para que a célula se torne viável, sendo considerado o elemento celular básico da constituição de todos os seres vivos (Tortora *et al.* 2004).

A diversidade dos FMA mostrou-se positivamente relacionada com os elementos: cálcio, ferro e zinco e pode ter sido beneficiada indiretamente, pela ação destes elementos sobre as espécies esporocárpicas. Enxofre também influenciou positivamente a distribuição das espécies de FMA, aumentando a equabilidade das comunidades, e pela baixa abundância de esporos, é possível que tenha interferido negativamente sobre as espécies esporocárpicas, mais numerosas. Também houve correlação entre diversidade, número de espécies e número total de esporos.

Foram recuperados esporos de 28 espécies, pertencentes a quatro gêneros: *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus* e *Scutellospora*. Os resultados mostram que *Glomus* foi o gênero mais diverso, com 18 espécies (55% do total), seguido de *Acaulospora*, (cinco), *Scutellospora* (duas), e *Gigaspora* (duas). De acordo com Carrenho (1998), *Glomus* e *Acaulospora* apresentam maior capacidade de adaptação a solos submetidos a diferentes variações nos teores de matéria orgânica, calagem, textura, entre outros fatores, demonstrando existir espécies com maior tolerância às perturbações ambientais.

Entre as espécies com maior número de esporos, destacam-se as esporocárpicas, como *Glomus sinuosum*, com 984 esporos, *G. liquidambaris*, com 654 esporos; *G. taiwanense*, com 406 esporos; *G. clavispurum*, com 300 esporos, *G. coremioides*, com 200 esporos e *G. macrocarpum*, com 185 esporos. Ressalta que espécies esporocárpicas são comuns em ambiente de florestas apresentando como consequência uma grande quantidade de esporos. A frequência de ocorrência foi baixa para a maioria das espécies encontradas, com exceção de *Glomus macrocarpum*, que apareceu em 91,43% das amostras, *G. etunicatum*, em 51,43%, *G. geosporum*, com 45,71% e *G. sinuosum* com 42,86%. Os resultados obtidos vêm de encontro com outros dados de literatura, que mostram que ecossistemas naturais são mais estáveis, pois apresentam maior diversidade florística, o que contribui para o estabelecimento de maior número de espécies de FMA, por causa da oferta de hospedeiros. Abbott & Gazey (1994) sugerem que as perturbações do solo causam modificações no predomínio das espécies de micobiontes e que a diversidade de espécies seria menor em casos de perturbações mínimas. No caso de perturbações intermediárias essa diversidade é favorecida, como comentado por Oehl *et al.* (2005).

A manutenção de comunidades diversas de FMA no solo é vantajosa, pois permite que diferentes espécies passem a dominar se as condições do solo forem alteradas. Portanto, a diversidade de FMA está atrelada às condições ambientais, e a intensidade da perturbação pode determinar a predominância de fungos eficientes e infectivos, o que é essencial para se prever quais fungos são mais prováveis de serem favorecidos em um solo e planta hospedeira, em particular.

As espécies de FMA têm diferentes tolerâncias e se comportam de maneiras distintas conforme as condições ambientais (Klironomos *et al.* 1993). Distúrbios oriundos da ação antrópica são fontes de mudanças estruturais importantes para o ecossistema. Segundo Abbott e Gazey (1994), determinadas alterações nas propriedades do solo modificam os padrões de abundância de determinado fungo, em detrimento de outros. A perda da diversidade de FMA pode resultar em queda da diversidade vegetal, aumentando a instabilidade do ecossistema. Dependendo do grau de distúrbio, determinadas espécies podem ficar durante muito tempo sem esporular, ou serem excluídas do sistema (Cuenca *et al.* 1998).

A estrutura funcional das comunidades de FMA não sofre alterações, mas a frequência e a abundância das espécies podem ser modificadas pelo ambiente (Cuenca *et al.* 1998; Franke-Snyder *et al.* 2001). As espécies podem estar presentes nos ambientes, mas, por causa da reduzida capacidade de colonização e produção de inóculo, sua detecção fica prejudicada. A dificuldade para se estabelecer um padrão de distribuição dos FMA pode estar associada aos diversos fatores bióticos e abióticos relacionados aos ambientes, como também às diferentes estratégias de sobrevivência destes fungos.

Por esse fato, muitos fungos não podem ser identificados com precisão a partir do esporo coletado no campo, mas fornecem um indicativo da população presente no solo. Bonfim *et al.* (2007) comentam que a maior quantidade de esporos é encontrada em estações com períodos de seca e, devido à restrição hídrica, levam as plantas a apresentarem menor vigor vegetativo, induzindo nos microorganismos associados a ela o desenvolvimento de mecanismos de adaptação, pressupõe-se então encontrar uma elevação na esporulação.

A coleta do solo foi feita no mês de fevereiro, quando se registra na cidade de Maringá alto índice pluviométrico e provavelmente devido às condições ambientais dessa estação, os FMA apresentaram baixa taxa de esporulação. Os estudos mostram que estes componentes não influenciaram negativamente o desenvolvimento dos FMA, visto que há intensa atividade micotrófica, confirmada pela abundância de arbúsculos nas raízes das plantas.

Para levantamento mais preciso da composição e distribuição dos FMA em solo de campo, faz-se necessária a utilização de métodos complementares, como estabelecimento de culturas armadilha e estudos moleculares para viabilizar a detecção de espécies raras ou mesmo daquelas que ocorrem em níveis de abundância bastante discretos no ambiente (Morton 2000). Estes estudos foram realizados, porém os resultados obtidos não foram apresentados neste artigo.

Tabela 4. Descrição dos principais gêneros e espécies que apareceram nas lâminas com o número acumulado de esporos (NAE) de cada espécie em todas as amostras, número relativo de esporos e frequência de aparecimento de cada esporo.

Espécies de FMA	NAE	NRE	FR
	50 g solo		%
Acaulosporaceae			
<i>Acaulospora longula</i> Spain & Schenck	2	0,06	2,85
<i>Acaulospora morrowiae</i> Spain & Schenck	4	0,13	8,57
<i>Acaulospora scrobiculata</i> Trappe	5	0,17	11,42
<i>Acaulospora tuberculata</i> Janos & Trappe	6	0,20	17,14
<i>Acaulospora</i> sp. 2 (scto-reticulada)	7	0,23	20,00
Gigasporaceae			
<i>Gigaspora decipiens</i> Hall & Abbot	1	0,03	2,85
<i>Gigaspora gigantea</i> (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe	1	0,03	2,85
<i>Scutellospora calospora</i> (Nicol. & Gerd.) Walker & Sanders	1	0,03	2,85
<i>Scutellospora dipurpureascens</i> Morton & Koske	2	0,06	2,85
<i>Scutellospora</i> sp. (preta)	2	0,06	5,71
Glomeraceae			
<i>Glomus aggregatum</i> Schenck & Smith emend Koske	18	0,61	20,00
<i>Glomus albidum</i> Walker & Rhodes	2	0,06	5,71
<i>Glomus claroideum</i> Schenck & Smith	5	0,17	11,42
<i>Glomus clarum</i> Nicolson & Schenck	7	0,23	5,71
<i>Glomus clavisporum</i> (Trappe) Almeida & Schenck	300	10,26	2,85
<i>Glomus coremioides</i> (Berk. & Broome) Redecker & Morton	200	6,84	2,85
<i>Glomus diaphanum</i> Morton & Walker	17	0,58	25,71
<i>Glomus etunicatum</i> Becker & Gerdemann	38	1,30	51,43
<i>Glomus geosporum</i> (Nicol. & Gerd.) Walker	26	0,88	45,71
<i>Glomus invermium</i> Hall	11	0,38	22,86
<i>Glomus liquidambaris</i> (Wu & Chen) Almeida & Schenck	654	22,37	17,14
<i>Glomus luteum</i> Kenn, Stutz & Morton	11	0,37	17,14
<i>Glomus macrocarpum</i> Tul. & Tul.	185	6,32	91,43
<i>Glomus microcarpum</i> Tul. & Tul.	9	0,30	14,28
<i>Glomus sinuosum</i> (Gerd. & Bakshi) Almeida & Schenck	984	33,66	42,86
<i>Glomus taiwanense</i> (Wu & Chen) Almeida & Schenck	406	13,88	11,43
<i>Glomus</i> sp. 6 (dourado com septocurvo)	3	0,10	2,85
<i>Glomus</i> sp. 4 (com verrugas)	1	0,03	2,85
Não Identificados (NID)	16	0,51	25,71
Total de Esporos	2.924	-	-

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, L.K. & GAZEY, C. 1994. A ecological view of the formation of VA mycorrhizas. **Plant and Soil** 159: 69-78.
- ALLEN, M.F. 1998. **The ecology of mycorrhizae**. San Diego: Cambridge University Press. 184p.
- AMIRI, M.E. & FALLAHI, E. 2007. Influence of mineral nutrients on growth, yield, berry quality, and petiole mineral nutrient concentrations of table grape. **Journal of Plant Nutrition** 30: 463-470.
- ARAÚJO, C.V.M.; SANTOS, O.M.; ALVES, L.J. & MUNIZ, C.R.R. 2003. Fungos micorrízicos arbusculares em espécies de Melastomataceae no Parque Metropolitano de Pituaguá Salvador – BA Brasil. **Sitientibus, Série Ciências Biológicas** 3:115-119.
- BERGMAN, E.L.; KENWORTHY, A.L.; BASS, S.T. & BENNE, E.J. 1960. Growth of concord grapes in sand cultures as related to various levels of essential nutrient elements. American Society for Horticultural **Science Proceedings** 75: 329-340.
- BEVER, J.D. 2002. Negative feedback within a mutualism: host-specific growth of mycorrhizal fungi reduces plant benefit. Proceedings of the Royal Society of London Series B-**Biological Sciences** 269: 2595-2601.
- BEVER, J.D.; SCHULTZ, P.A.; PRINGLE, A. & MORTON, J.B. 2001. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. **Bio-science** 51: 923-931.
- BOGONI, M.; PANONT, A.; VALENTI, L. & SCIENZA, A. 1995. Effects of soil physical and chemical conditions on grapevine nutritional status. **Acta Horticulturae** 383: 299-311.
- BOLAN, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil** 34: 189-207.
- BONFIM, J.A.; MATSUMOTO, S.N.; SANTOS, M.A.F. & ARAÚJO, G.S. 2007. Determinação da densidade de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em cafeeiros cultivados em sistema agrofloreteal e a pleno sol, no município de Vitória da Conquista. **Revista Brasileira de Agroecologia** 2(2): 727-729. Resumos do V CBA - Manejo de Agroecossistemas Sustentáveis.
- BRASIL. 2002. Biodiversidade brasileira. Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília, **Ministério do Meio Ambiente**, Secretaria de Biodiversidade e Floresta.
- CAPRONI, A.L. 2001. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombeta/PA. **Tese (Doutorado em Fitotecnia)** – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 186p.
- CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; ABOUD, A.C.S.; BERBARA, R.L.L. & GRANHA, J.R.O. 2000. Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em áreas degradadas pela mineração de bauxita e reflorestadas com espécies florestais nativas em Porto Trombetas – PA. In: XXIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, VIII Reunião Brasileira sobre Micorrizas, V Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, III Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Santa Maria. **Resumos...**, Santa Maria, 2000. Seção trabalhos voluntários. CD-ROM.
- CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBARA, R.L.L.; TRUFEM, S.F.B.; GRANHA-JR, D.O. & MONTEIRO, A.B. 2003. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 38: 1409- 1418.
- CARRENHO, R. 1988. Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares (FMA). **Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)** – Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 227p.
- CARRENHO, R. & SANTOS, F.E.F. 2006. Reflexos da degradação ambiental do Horto Florestal de Maringá nas comunidades de fungos micorrízicos arbusculares. In: X Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2006, Maringá, PR. **Anais do X Congresso Brasileiro de Arborização Urbana**.
- CAVAGNARO, T.R.; GAO, L-L.; SMITH, F.A. & SMITH, S.E. 2001. Morphology of arbuscular mycorrhizas is influenced by fungal identity. **New Phytologist** 151: 469-475.
- COLOZZI FILHO, A. & CARDOSO, E. J. B. N. 2000. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 35(10): 2033-2042.
- CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B. & SAGGIN-JÚNIOR, O.J. 2005. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical** 35(3): 147-153.
- CUENCA, G.; ANDRADE, Z. & ESCALANTE, G. 1998. Diversity of Glomalean spores from natural, disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry** 30(6): 711-719.
- DAL-BÓ, M. A.; BECKER, M.; BASSO, C. & STUKER, H. 1989. Levantamento do estado nutricional da videira em Santa Catarina por análise de solo e tecido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 13: 335-340.
- DE SOUZA, F.A. 2000. Banco ativo de Glomales da EMBRAPA AGROBIOLOGIA; Catalogação e introdução de novas isoladas desde 1995. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 40p.

- DICKSON, S.; SMITH, F.A. & SMITH, S.E. 2007. Structural differences in arbuscular mycorrhizal symbioses: more than 100 years after Gallaud, where next? **Mycorrhiza** 17: 375-393.
- EMBRAPA. 1984. SNLCS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba, 791 p. (**Boletim Técnico**, 57).
- FITTER, A.H.; GILLIGAN, C.A.; HOLLING-WORTH, K.; KLECKOWSKI, A.; TWYMAN, R.M. & PITCHFORD, J.W. 2005. Biodiversity and ecosystem function in soil. **Functional Ecology** 19: 369-377.
- FRANKE-SNYDER, M.; DOUDS-JR, D.D.; GALVEZ, L.; PHILLIPS, J.G.; WAGONER, P.; DRINKWATER, L. & MORTON, J.B. 2001. Diversity of communities of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi present in conventional versus low-input agricultural sites in eastern Pennsylvania, USA. **Applied Soil Ecology** 16(1): 35-48.
- GARCIA, M.; DAVEREDE, C.; GALLEGO, P. & TOUMI, M. 1999. Effect of various potassium-calcium ratios on cation nutrition of grape grown hydroponically. **Journal of Plant Nutrition** 22(3): 417-425.
- GAUR, A. & ADHOULEYA, A. 2004. Prospects of arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. **Current Science** (India) 86: 528-534.
- GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society** 46: 235-246.
- GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist** 84: 489-500.
- GROSS, E.; CORDEIRO, L. & CAETANO, F.H. 2003. Anatomical and ultrastructural aspects of root and mycorrhiza of *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. var. *falcata* (Benth.) Altschul (Leguminosae-Mimosoideae). **Revista Brasileira de Botânica** 26: 515-523.
- HARLEY, J.L. & SMITH, S.E. 1983. **Mycorrhizal symbioses**. London: Academic Press, 791p.
- IBGE. 1990. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro: **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, Dir. Geociências.
- JAIZME-VEJA, M.C. & AZCÓN, R. 1995. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. **Mycorrhiza** 5: 213-217.
- JEFFRIES, P.; GIANINNAZZI, S.; PEROTTO, S.; TURNAU, K. & BAREA, J.M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. **Biology and Fertility of Soils** 37: 1-16.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report** 48: 692.
- JOHNSON, N.C.; COPELAND, P.J.; CROOKSTON, R.K. & PFLEGER, F.L. 1992. Mycorrhizae - possible explanation for yield decline with continuous corn and soybean. **Agronomy Journal** 84: 387-390.
- JOHNSON, D.; IJDO, M.; GEMET, D.R.; ANDERSON, I.C. & ALEXANDER, I.J. 2005. How do plants regulate the function, community structure, and diversity of mycorrhizal fungi. **Journal of Experimental Botany** 56: 1751-1760.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. 2001. Trace elements in soils and plants. **Boca Raton**, CRC Press, 413p.
- KLIRONOMOS, J.N.; MOUTOGOLIS, P.; KENDRICK, B. & WIDDEN, P. 1993. A comparison of spatial heterogeneity of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in two maple-forest soils. **Canadian Journal of Botany** 71: 1472-1480.
- LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S. & PONS, T.L. 1998. **Plant Physiological Ecology**. New York: Springer-Verlag, 540p.
- LUDWIG, J.A. & REYNOLDS, J.F. 1988. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley, 337p.
- MÁJER, J. 2004. Magnesium supply of the vineyards in the Balaton-Highlands. **Acta Horticulturae** 652: 175-182.
- MALAVOLTA, E. 1993. Gesso agrícola no ambiente e nutrição da planta - Perguntas e respostas. In: **II Seminário sobre o uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato.
- MARSCHNER, H. & DELL, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil** 159: 89-102.
- MC GONIGLE, T.P.; MILLER, M.H.; EVANS, D.G.; FAIRCHILD, G.L. & SWAN, J.A. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist** 115: 495-501.
- MEDEIROS, C.A.B.; CLARK, R.B. & ELLIS, J.R. 1994. Growth and nutrient-uptake of sorghum cultivar with vesicular-arbuscular mycorrhiza isolates at varying pH. **Mycorrhiza** 4(5): 185-191.
- MORTON, J.B. 2000. Evolution of endophytism in arbuscular mycorrhizal fungi of Glomales. In: Bacon, C.W.; White, J.F.J. (Eds.). **Microbial Endophytes**, Marcel Dekker, Inc., New York - Basel, p.121-140.
- MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H.K. & BAGYARAJ, J.D. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology** 6(1): 77-85.

- MÁJER, J. 2004. Magnesium supply of the vineyards in the Balaton-Highlands. **Acta Horticulturae** 652: 175-182.
- MALAVOLTA, E. 1993. Gesso agrícola no ambiente e nutrição da planta - Perguntas e respostas. In: **II Seminário sobre o uso de gesso na agricultura**. Uberaba: IBRAFÓS, Instituto Brasileiro do Fosfato.
- MARSCHNER, H. & DELL, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil** 159: 89-102.
- MC GONIGLE, T.P.; MILLER, M.H.; EVANS, D.G.; FAIRCHILD, G.L. & SWAN, J.A. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist** 115: 495-501.
- MEDEIROS, C.A.B.; CLARK, R.B. & ELLIS, J.R. 1994. Growth and nutrient-uptake of sorghum cultivar with vesicular-arbuscular mycorrhiza isolates at varying pH. **Mycorrhiza** 4(5): 185-191.
- MORTON, J.B. 2000. Evolution of endophytism in arbuscular mycorrhizal fungi of Glomales. In: Bacon, C.W.; White, J.F.J. (Eds.). **Microbial Endophytes**, Marcel Dekker, Inc., New York – Basel, p.121-140.
- MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H.K. & BAGYARAJ, J.D. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees. **Applied Soil Ecology** 6(1): 77-85.
- OEHL, F., SIEVERDING, E., INEICHEN, K., RIS, E. A., BOLLER, T. & WIEMKEN, A. 2005. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agroecosystems. **New Phytologist** 165: 273- 283.
- PAULA, P.F. & FERREIRA, M.E.M. C. 2005. Levantamento Fitogeográfico Preliminar no Parque do Cinquentenário em Maringá - PR. Geografia: **Revista do Departamento de Geociências** 14(1): jan./jun. 2005. Disponível em <http://www.geo.uel.br/revista>.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British **Mycological Society** 55: 158-161.
- POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. & SANTOS, J.G.D. 2006. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com mudas de espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** 30: 413-424.
- RUHL, E.H. 1991. Effect of potassium supply on cation uptake and distribution in grafted *Vitis champini* and *Vitis berlandiere* x *Vitis rupestris* rootstocks. Australian **Journal of Experimental Agriculture** 31: 687-691.
- SANDERS, I.R. & FITTER, A.H. 1992. Evidence for differential responses between host-fungus combinations of vesicular-arbuscular mycorrhizas from a grassland. **Mycological Research** 96: 415-419.
- SCHAWAB, S.M.; MENGE, J.A. & TINKER, P.B. 1991. Regulation of nutrient transfer between host and fungus in vesicular-arbuscular mycorrhizas. **New Phytologist** 117: 387-398.
- SCHENCK, N.C. & PÉREZ, Y. 1988. Manual for identification of VA mycorrhizal fungi. **Synergistic Publications**, Gainesville, Florida.
- SILVA et al. (2004) SILVA, G.A.; TRUFEM, S.F.B.; SAGGIN JÚNIOR, O. & MAIA, L.C. 2005. Arbuscular mycorrhizal fungi in a semiarid copper mining area in Brazil. **Mycorrhiza** 15: 46-53.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; ARAÚJO, E.F. & SOUZA, A.J. 2001. Avaliação do estado nutricional de povoamentos de *Eucalyptus* pelo método do nível crítico e DRIS. **Relatório de pesquisa da Bahia Sul Celulose**. 82p.
- SILVEIRA, A.P.D. 1992. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Eds.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.257-282.
- SILVEIRA, S.V. 1999. Influência de fungos micorrízicos arbusculares em mudas de abacateiro. Porto Alegre **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 95p.
- SMITH, S.E. & GIANINAZZI-PEARSON, V. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 39: 221-244.
- SYLVIA, D.M. & CHELLEMI, D.O. 2002. Interactions among root-inhabiting fungi and their implications for biological control of root pathogens. **Advances in Agronomy** 73: 1-33.
- SIQUEIRA, J.O. & SAGGIN-JÚNIOR, O.J. 2001. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza** 11(5): 245-255.
- SOUZA, M.M. & CARDOSO, E.J.B.N. 2001. Dependência micorrízica de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. sob níveis de fósforo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, 2001, Londrina – PR, **Anais...** Londrina, 1 CD-ROM.
- TORTORA, G.J.; FUNKE, B.R. & CASE, C.L. 2004. **Microbiology: an introduction**. 8th ed. PEARSON, E. (Ed.). p.83.
- WOLF, T.K.; HAESELER, C.W. & BERGMAN, E.L. 1983. Growth and foliar elemental composition of Seyval Blanc grapevines ass affected by four nutrient solution concentrations of nitrogen, potassium and magnesium. **American Journal of Enology and Viticulture** 34(4): 271-277.

Artigo enviado: 26 de abril de 2011

Artigo aceito: 12 de dezembro de 2011