

MICORRIZAÇÃO E CRESCIMENTO DE PROGÊNIES DE *Hymenaea stagnocarpa* Mart. ex. Hayne EM SUBSOLO DE ÁREA DEGRADADA

MYCORRHIZATION AND PROGENIES GROWTH OF *Hymenaea stagnocarpa* Mart. ex. Hayne IN THE SUBSOIL OF A DEGRADED AREA

Tiago Mendes Faria¹ Márcia Helena Scabora² Kátia Luciene Maltoni³
Ana Maria Rodrigues Cassiolato⁴

RESUMO

Nos ecossistemas tropicais, pouco ainda se conhece sobre as relações entre os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e a variabilidade genética dos hospedeiros, especialmente das espécies arbóreas. O presente trabalho teve como objetivo verificar a resposta de 19 progênies de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stagnocarpa* Mart. ex. Hayne) à inoculação, por meio da colonização micorrízica e o crescimento inicial de mudas cultivadas em subsolo de área decapitada, em condições de casa de vegetação. As plântulas, germinadas em laboratório, foram transferidas para sacos plásticos contendo 3 kg da mistura subsolo e areia (4:1). Para a inoculação, cada repetição recebeu 100 gramas de solo (com cerca de 48 esporos de FMA) proveniente de uma área de cerrado preservado. Aos 120 dias avaliou-se a colonização micorrízica (COL), o número de esporos (NE) de FMA, a altura de planta (AP), o peso da massa seca da parte aérea (MSPA) e massa fresca do sistema radicular (MFSR). Os maiores valores para COL, MSPA e MFSR foram observados nas progênies JC7, JC18, JC29, JC27 e JC14, sendo que as JC7 e JC18 proporcionaram, também, os maiores números de esporos de FMA. Houve correlação significativa e positiva entre COL e demais variáveis (AP, NE, MSPA e MFSR) e entre MFSR e demais variáveis (NE, AP e MSPA). Conclui-se que existe variabilidade entre os genótipos de *Hymenaea stagnocarpa* no crescimento (AP, MSPA e MFSR) e micorrização (COL e NE), com destaque para duas progênies (JC7 e JC18), pelos valores mais elevados, as quais são resultados de uma maior afinidade aos isolados de FMA presentes no solo-inóculo.

Palavras-chave: fungos micorrízicos arbusculares; cerrado; jatobá-do-cerrado; recuperação de áreas degradadas.

ABSTRACT

In tropical ecosystems, little is known about the relationship between arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and the host genetic variability, especially among tree species. This study aimed to examine the response of 19 progenies of jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stagnocarpa* Mart. Ex. Hayne) inoculated with AMF, the root colonization and seedlings early growth were evaluated, growing in cultivated in subsoil from the "loading area", under greenhouse conditions. The seedlings, germinated in the laboratory, were transferred to plastic bags containing subsoil and sand mixture (4:1). For the inoculation, each replicate received 100 g of soil (with about 48 spores of AMF) from a preserved "Cerrado" area, to reintroduce microorganisms. After 120 days, the mycorrhiza colonization (COL), the number of spores of AMF, the plant height (PH), the weight of shoot dry matter (SDM) and the root fresh matter (RFM) were assessed. The highest values of COL, SDM and RFM were observed in the progenies JC7, JC18, JC29, JC27 and JC14; the JC7 and

1. Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Agronomia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil, 56, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP). tiagomfaria@yahoo.com.br
2. Bióloga, Doutoranda em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil, 56, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP). scaboramh@yahoo.com.br
3. Engenheira Agrimensora, Dra, Professora Assistente do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil, 56, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP). maltoni@agr.feis.unesp.br
4. Bióloga, Dra, Professora Assistente do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Av. Brasil, 56, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP). Bolsista do CNPq. anamaria@bio.feis.unesp.br

Recebido para publicação em 8/04/2010 e aceito em 29/09/2011

JC18 also increased number of spores. There were significant and positive correlations between COL and the others variables (AP, NE, RFM and SDM, and between RFM and other variables (NE, AP and SDM). The conclusion is that, there is variability among the genotypes of *Hymenaea stagnocarpa* growth (AP MFSR and DMAP) and mycorrhization (COL and NE), with emphasis on two progenies (JC7 and JC18), that showed the highest values, which can be resulted of a greater affinity to strains of AMF- soil inoculum.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi; “cerrado”; “jatobá-do-cerrado”; recovery of degraded areas.

INTRODUÇÃO

O jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stagnocarpa* Mart. ex Hayne), pertencente à família Leguminosae (Caesalpinaceae), é uma espécie endêmica e de ampla distribuição no bioma Cerrado. A planta pode atingir de 4-6m de altura e de diâmetro de copa, com uma produção de 100-400 frutos por planta (SILVA et al., 1994). Esta espécie pode ser explorada economicamente por apresentar madeira dura e resistente usada na construção civil e naval; sua casca fornece corante amarelo; além do emprego na apicultura, paisagismo, farmacêutica e indústria química (LORENZI, 1992; RIZZINI e MORS, 1999). O fruto é comestível e importante para fauna, sendo, por isso, útil nos plantios em áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea.

O manejo inadequado dos solos por atividades agrícolas, de mineração ou construção civil - como as barragens hidrelétricas - provoca alterações que resultam na degradação de extensas áreas, causando grande impacto ao ambiente. Os solos muito degradados perdem seus meios de regeneração natural, apresentam baixa resiliência e precisam da ação antrópica para sua recuperação (CARPANEZZI et al., 1990).

Após a construção da barragem e da formação do lago à montante da barragem de usinas hidrelétrica, como a de Ilha Solteira/SP, milhares de hectares são alagados, gerando impacto no ecossistema regional, modificando a vegetação e comprometendo a biodiversidade original. O solo é degradado por compactação ou pela retirada do horizonte superficial (CESP, 1988). Estas áreas, formadas pela necessidade de cederam material para a construção das barragens das usinas, geram as “áreas de empréstimo”, que podem apresentar exposição do subsolo, propiciando a erosão e acelera o assoreamento no lago (NOFFS et al., 2011).

Esses processos de degradação são, geralmente, causadores de mudanças que aceleram o crescimento de plantas, a ciclagem de nutrientes e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo

(MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Componentes da comunidade microbiana no solo, os fungo micorrízicos arbusculares (FMA) são organismos biotróficos obrigatórios, que se associam com raízes de plantas vasculares, formando uma relação simbiótica mutualista (SOUZA et al., 2010). Por meio de uma ligação física direta entre produtores primários e decompositores, atuando como extensões do sistema radicular das plantas, estes fungos proporcionam maior absorção de nutrientes e melhoram o estado nutricional e fisiológico das plantas, elevando a atividade fotossintética, a atividade enzimática e a produção de substâncias reguladoras de crescimento. Essas alterações conferem às plantas maior resistência aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos) (COLOZZI FILHO e NOGUEIRA, 2007; COSTA e LOVATO, 2007).

A micorrização possibilita melhor adaptação das plantas ao ecossistema, bem como a maior capacidade de resistência de mudas transplantadas (COLOZZI FILHO e NOGUEIRA, 2007). A inoculação com FMA no estágio de mudas proporciona uma maior taxa de sobrevivência dessas mudas em campo (CARNEIRO et al., 2004). No entanto, a resposta ou eficácia da simbiose micorrízica depende de três importantes componentes, ou seja, da planta, do fungo micorrízico e do ambiente do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O grau de interação entre o fungo e a planta parece depender mais do genótipo da planta, cujo principal fator controlador da associação é o estado nutricional do vegetal (JANOS, 1996). Assim, combinações específicas entre fungos micorrízicos e genótipos do hospedeiro devem ocorrer para que a simbiose seja vantajosa, independente da porcentagem de colonização. Apesar da ausência de especificidade hospedeira, tem sido demonstrado que há uma variação nas espécies de FMA que colonizam a planta e os seus benefícios ao hospedeiro em função dos genótipos dos simbiontes (KLIRONOMOS et al., 2000). Alguns trabalhos

têm sido publicados mostrando a participação dos FMA no desenvolvimento entre genótipos de uma mesma espécie, como acerola COSTA et al. (2001), trevo (EASON et al., 2001), milho (MIYAUCHI et al., 2008; CAMPOS et al., 2010), tomate (BRYLA e KOIDE, 1998) e ervilha (ESTAÚN et al., 1987).

Embora as micorrizas sejam de ocorrência generalizada nos ecossistemas tropicais, pouco ainda se conhece sobre as relações entre este simbionte e seus hospedeiros, especialmente das espécies arbóreas. Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar se há relação entre a colonização micorrízica e o crescimento de plântulas a partir de sementes coletadas de 19 progênies de *Hymenaea stagnocarpa*, cultivadas em subsolo de “área de empréstimo”.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente a UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus Ilha Solteira e o subsolo foi proveniente da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), desta Unidade, localizada no município de Selvíria-MS, dentro do bioma cerrado. Apresenta como coordenadas geográficas 51°24'06"W e 20°22'29"S, altitude de 330 metros. A média anual de precipitação é 1.232,2 mm e de temperatura é de 24,4°C, sendo janeiro e fevereiro os meses mais quentes (25,7 °C) e junho e julho os mais frios (20,5 °C). De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático é AW, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Originalmente, a região apresentava como cobertura vegetal o cerrado *sensu stricto*. No final da década de 60, com a construção da Usina Hidrelétrica, o local foi desmatado e uma parte desta área foi utilizada como “área de empréstimo”, de onde o solo foi retirado a uma profundidade de até 12 m. Atualmente, pequenas áreas estão em processo de regeneração natural, mas em sua maior extensão

o subsolo permanece exposto, isto é, sem vegetação. O solo predominante na área foi classificado por Demattê (1980) como Latossolo Vermelho.

O subsolo foi coletado na “área de empréstimo”, na profundidade de 0,00 a 0,10 m, peneirado (malha de 2 mm) e homogeneizado. Uma amostra composta, de 10 amostras simples, foi enviada para análise das características químicas, sendo realizadas as seguintes avaliações: fósforo-resina (mg dm^{-3}), matéria orgânica (g dm^{-3}), índice de acidez (pH CaCl_2), potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial (H+Al) e alumínio (Al), soma de bases ($\text{SB} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$), capacidade de troca catiônica [$\text{CTC} = \text{SB} + (\text{H} + \text{Al})$] e saturação de bases ($\text{V}\% = 100 \times \text{SB}/\text{CTC}$), de acordo com os métodos descritos em Raij e Quaggio (1983).

Os resultados das caracterizações químicas do subsolo da “área de empréstimo” e do solo de cerrado preservado, utilizado como fonte de inóculo de microrganismos, estão apresentados na Tabela 1. O subsolo mostra baixo teor de nutrientes, especialmente P, o qual teve, possivelmente, seu valor reduzido devido à presença de Al e ao baixo pH.

As sementes de *Hymenaea stagnocarpa* foram retiradas de frutos despolidos manualmente, e mantidas em câmaras frias, secas até o momento do uso. A coleta ocorreu entre setembro de 2001 e setembro de 2002, em 42 matrizes de polinização livre, em duas operações de coleta, sendo que as sementes coletadas, em cada uma dessas árvores, correspondem às progênies da árvore 1, da árvore 2, da árvore 3, até a da árvore 19. As árvores estão situadas à margem da rodovia BR-158, no trecho compreendido entre Aparecida do Taboado-MS e Selvíria-MS, a maioria encontra-se em áreas de pastagem, isoladas e próximas à rodovia. Todas as árvores tiveram anotadas suas localizações geográficas, determinada por GPS, assim como, foram realizadas as caracterizações dendrométricas. Estas informações podem ser encontradas em Alves (2003).

TABELA 1: Caracterização química do solo de cerrado preservado (CP), utilizado como inóculo e do subsolo de área degradada (SE) (“área de empréstimo”).

TABLE 1: Chemical characterization of ‘cerrado’ soil preserved (CP), used as inoculum and the subsoil from a area degraded (SE) (“reclamation area”).

Solos	P resina (mg dm^{-3})	M.O. (g dm^{-3})	pH (CaCl_2)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al mmol _c dm ⁻³	Al ³⁺	SB	CTC	V (%)
CP	4	29	4,1	0,7	4	3	47	9	7,5	54,3	14
SE	4	10	4,0	0,6	3	3	31	3	6,0	31,0	19

Em que: MO = matéria orgânica; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca catiônica e V = saturação por bases.

O delineamento estatístico foi de cinco blocos ao acaso, com 19 tratamentos (progênies) e 5 repetições por tratamento, sendo cada repetição representada por uma planta. De um total de 42 árvores selecionadas a campo, apenas 19 geraram as progênies estudadas (denominadas JC5, JC6, JC7, JC9, JC10, JC11, JC14, JC15, JC18, JC19, JC25, JC26, JC27, JC28, JC29, JC31, JC34, JC38 e JC41), tendo sidas selecionadas em função do número e da viabilidade das sementes coletadas.

As sementes foram escarificadas mecanicamente e desinfetadas com hipoclorito de sódio 5 % por 2 minutos, antes de serem colocadas para germinar em papel de filtro. As plântulas foram transplantadas para sacos plásticos contendo 3 kg da mistura subsolo:areia (4:1) e inoculadas com solo proveniente de uma área de cerrado preservado (cerca de 48 esporos por 100 gramas de solo). Após 120 dias do transplante, a altura de plantas (AP) foi avaliada com o auxílio de uma régua. Para determinação do peso da massa seca de parte aérea (MSPA), esta foi depositada em saco de papel, mantida em estufa por 7 dias a 45 °C e pesada. Posteriormente, o sistema radicular foi coletado, lavado e verificado para peso da massa fresca (MFSR).

As raízes, após terem sido pesadas, foram armazenadas em álcool 50 % até a avaliação da porcentagem de colonização por FMA. Para tanto, as raízes foram novamente lavadas, clarificadas em solução de KOH a 10 % por 50 minutos, seguido de H₂O₂ alcalina por 20 minutos, acidificadas com HCl 1 % por 20 minutos, coradas com azul de tripano a 0,05 % por 7 minutos (PHILLIPS e HAYMAN, 1970; RAJAPAKSE e MILLER, 1992) e preservadas em lactoglicerol. Por amostra, um grama de segmentos de raízes finas, com cerca de um centímetro de comprimento (TOTH e TOTH, 1982), foi avaliado sob microscópio estereoscópico (40x) (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980), para a porcentagem de segmentos colonizados por fungos micorrízicos, no total de 100 interseções por repetição.

Para a quantificação do número de esporos (NE), o substrato de cada repetição foi homogeneizado e 100 g foram processados segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN e NICOLSON, 1963) e de centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1964). A contagem dos esporos foi realizada em placas de acrílico contendo anéis concêntricos, sob microscópio estereoscópico (40x).

O delineamento foi o inteiramente casualizado, sendo os resultados submetidos à análise de variância. O teste de Scott Knott foi empregado na comparação de médias (FERREIRA, 2000) e a análise de correlação foi feita para todos os parâmetros (SAS, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Hymenaea stignocarpa está entre as espécies com maiores chances de sobreviverem quando plantadas em solos pobres em nutrientes ou desprovidas de propágulos de FMA. As progênies, crescendo em subsolo de área de cerrado degradada, mostraram comportamentos diferenciados à inoculação de FMA. Apesar da amplitude das médias (Tabela 2), poucas diferenças estatísticas foram verificadas, entre progênies, para AP, MSPA e MFSR (Tabela 2). As maiores médias para AP foram verificadas nas JC5, JC9, JC7, JC10, JC11, JC14, JC18, JC25, JC26, JC27, JC29, JC31 e JC41, enquanto JC7, JC10, JC11, JC14, JC18, JC19, JC26, JC27, JC29, JC31, JC38 e JC41 as maiores médias para MSPA. Para MFSR, os resultados estão divididos em dois grupos, sendo os maiores resultados encontrados nas progênies JC7, JC14, JC18, JC27 e JC29.

Os números de esporos variaram de 65,72 a 41,82 esporos 100 g⁻¹ de solo, com os maiores valores verificados para JC7 e JC38, seguidos de JC9 e JC18. Estes valores de esporos estão muito próximos dos encontrados no solo de cerrado preservado utilizado como inóculo (cerca de 48 esporos 100 g⁻¹ de solo), mostrando baixa multiplicação durante os 120 dias de crescimento das plantas (Tabela 2).

É possível que a esporulação no solo, seja uma alternativa dos FMA para manter-se no sistema e selecionar espécies mais adaptadas (SIQUEIRA, 1994). A capacidade de esporulação pode variar com a planta hospedeira, assim como em função das características edáficas (DOUDS, 1994). O número de esporos presente no solo-inóculo pode ser considerado baixo, porém, os fragmentos de raízes colonizadas e o micélio presente no solo podem ser tão ou mais infectivos do que os esporos, conforme relatado por Brundett (1991) e por Smith e Read (1997), firmando sua importância na ecologia dos fungos micorrízicos.

As plantas que mostraram as maiores porcentagens de colonização micorrízica proporcionaram, também, as maiores MSPA (exceto JC25 e JC28) e MFSR (exceto JC25, JC19 e JC26)

TABELA 2: Médias, coeficientes de variação (%) e coeficientes de correlação para características de crescimento da planta e micorrização de progênes provenientes de 19 árvores de *Hymenaea stagnocarpa* Mart. ex. Hayne, aos 120 dias após o transplante, em casa de vegetação.

TABLE 2: Means, coefficients of variation (%) and correlation coefficients for plant growth characteristics and mycorrhization of progeny from 19 *Hymenaea stagnocarpa* Mart. ex. Hayne trees, at 120 days after transplantation, under greenhouse condition.

Progênes	AP (cm)	MSPA (g)	MFSR (g)	COL (%)	NE (x100 g solo seco)
JC7	31,00 a	13,41 a	4,42 a	99,15 a	65,72 a
JC18	30,00 a	13,69 a	4,58 a	98,66 a	61,06 b
JC29	31,64 a	17,93 a	5,20 a	98,00 a	51,52 d
JC27	30,58 a	13,69 a	4,47 a	96,00 a	51,36 d
JC14	30,74 a	14,27 a	4,57 a	94,00 a	56,86 c
JC26	28,24 a	12,59 a	3,42 b	96,00 a	54,60 c
JC19	25,18 b	12,58 a	3,51 b	95,00 a	47,82 d
JC25	29,42 a	10,95 b	3,71 b	93,00 a	49,74 d
JC28	23,26 b	9,65 b	2,72 b	90,66 b	49,64 d
JC38	23,04 b	12,42 a	3,49 b	90,60 b	64,56 a
JC31	29,28 a	11,94 a	3,77 b	89,32 b	48,36 d
JC10	28,42 a	12,06 a	3,91 b	85,82 b	54,10 c
JC11	27,28 b	13,26 a	3,75 b	83,75 b	51,22 d
JC41	30,84 a	13,97 a	3,74 b	83,32 b	45,02 d
JC9	28,34 a	7,06 c	3,74 b	78,00 c	59,96 b
JC5	32,10 a	7,91 c	3,74 b	76,65 c	42,40 e
JC15	24,85 b	11,32 b	3,51 b	68,00 d	42,02 e
JC6	25,52 b	11,22 b	3,56 b	67,66 d	41,82 e
JC34	24,80 b	10,80 b	2,98 b	64,00 d	42,00 e
CV (%)	16,33	22,65	21,20	8,35	7,59
Coeficiente de correlação					
AP	-----	0,185*	0,567**	-----	-----
MSPA	-----	-----	0,557**	-----	-----
MFSR	0,286**	0,331**	-----	0,289**	-----
COL	0,286**	0,331**	0,289**	-----	0,495**
NE	0,082 ^{ns}	0,167 ^{ns}	0,231*	-----	-----

Em que: médias seguidas de mesma letra, na vertical, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5 % de probabilidade. (** e *) significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo. Médias de cinco repetições; (AP) = altura de planta, (MSPA) = matéria seca de parte aérea, (MFSR) = matéria fresca de sistema radicular, (COL) = colonização micorrízica e (NE) = número de esporos.

(Tabela 2). Os elevados valores de colonização micorrízica (de 99,15 a 64,00 %) podem ser parcialmente explicados pelo baixo teor de fósforo presente nas áreas de subsolo e no solo da área de cerrado preservado utilizado como inóculo. Valores altos de colonização de *Hymenaea stagnocarpa* também foram relatados para experimentos empregando como substrato o subsolo de “área de empréstimo”, em casa de vegetação de 66,50 % por Modesto et al. (2009) e em campo, de 76,25 % por Scabora et al. (2011).

Estes altos valores para colonização contrastam com os resultados apresentados por Carneiro et al. (1996), em *Hymenaea courbaril* L.,

explicado, tanto pelo baixo potencial de inóculo inicial da área (8 esporos 50 mL⁻¹), como pelo curto período de crescimento das plantas (menos de 120 dias). Os autores sugeriram que, pelo fato das sementes deste gênero serem grandes, com grande reserva de nutrientes, elas poderiam suprir as necessidades das plantas na fase inicial de crescimento, diminuindo a necessidade da simbiose com os FMA. Sugeriram, ainda, baseado em Tisdale et al. (1993) e Siqueira et al. (1995; 1998), que os maiores conteúdos de fósforo e a baixa colonização encontrados nas plantas foram, possivelmente, oriundos dos compostos de reserva acumulado nas sementes.

As micorrizas têm mostrado exercer efeitos marcantes e consistentes sobre o crescimento das plantas, especialmente em condições de estresse, como as do subsolo empregado neste trabalho (Tabela 1). Considerando a degradação da área em estudo e as condições de alta capacidade de adsorção de fósforo e conseqüente baixa concentração na solução do solo, a difusão deste para as raízes é reduzida. Nestas condições, segundo Thomson et al. (1990), é que os grandes benefícios são verificados nas plantas hospedeiras associadas aos FMA. Correlação significativa e positiva entre COL e as demais variáveis (AP, NE, MSPA e MFSR) e entre MFSR e NE, AP e MSPA foram encontradas para o presente trabalho, e pode ser explicada pela dependência entre estas variáveis. O efeito da colonização sob o solo com baixa disponibilidade de fósforo também foi relatado por Cardoso et al. (1986) e Silveira e Cardoso (1987).

A eficiência da associação micorrízica no crescimento e na produtividade das culturas tem sido vinculada à disponibilidade e absorção de nutrientes e água no solo (SIQUEIRA e KLAUBERG-FILHO, 2000), à acidez e à saturação de alumínio, as duas últimas geralmente altas nos solos de cerrado (CARDOSO et al., 2010). Colonização de espécies arbóreas inoculada, crescendo em subsolo, também foram relatados por outros autores, como Calgaro et al., (2008) para *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville, Modesto et al. (2009) para *Hymenaea stignocarpa*, Scabora et al. (2010) para *Psidium guajava* L. e *Croton floribundus* Spreng, seguidos por *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC) Standl) e *Rapanea ferruginea* (Ruiz et Pav) Mez, Scabora et al. (2011) para *Acacia polyphylla* D.C. (monjoleiro), *Magonia pubescens* St. Hil. (tingui), *Hymenaea stigonocarpa* (jatobá-de-cerrado) e *Schinus terebinthifolia* Raddi (aroeira-pimenteira), entre outros. A presença de micorriza proporciona maior absorção de nutrientes, especialmente os de baixa mobilidade no solo, que chegam até as raízes pelo processo de difusão, permitindo o crescimento em solos extremamente pobres (CALDEIRA et al., 1999), como o subsolo empregado neste trabalho.

O crescimento de ambos os simbiontes, segundo Marschner e Dell (1994), é influenciado pelo solo, pela espécie do fungo e pelo genótipo da planta hospedeira, mas não necessariamente está relacionado à porcentagem de colonização das raízes; além disso, em dado nível de colonização, a eficiência da absorção de nutrientes pode ser afetada pelos parâmetros da troca de nutrientes na interface

fungo-raiz e pela extensão, viabilidade e capacidade de transporte das hifas externas.

Os mecanismos fisiológicos e genéticos que envolvem os diferentes processos e levam à colonização micorrízica ainda estão pouco entendidos; no entanto, alguns autores citam que a colonização representa significativo custo de carbono, que pode ser regulado pelo genótipo do hospedeiro (GRAHAM e EISSENSTAT, 1994). O agrupamento das progênies pelo crescimento das plantas e micorrização (Tabela 2) não ficou claro, pois as respostas variaram entre elas. Tem sido demonstrado que, apesar da ausência de especificidade hospedeira, há uma variação nas espécies de FMA que colonizam uma planta e os seus benefícios ao hospedeiro em função dos genótipos dos simbiontes.

Estudando os efeitos da inoculação de FMA no crescimento inicial de mudas de dois genótipos (Barbados e Miró) de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.), preparadas de estacas semilenhosas, inoculadas com FMA (*Gigaspora margarita* Becker & Hall e *Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann), Costa et al. (2001), relataram melhor resposta observada no genótipo Miró, independentemente do FMA inoculado; em relação ao genótipo Barbados, colonizadas por *Gigaspora margarita* foi o que proporcionou os melhores resultados. Diferenças com crescimento entre as plantas colonizadas por *Glomus etunicatum* e as sem inoculação só ocorreram na colonização das raízes. Para os autores, a eficiência da associação entre FMA e aceroleiras foi regulada pelos genótipos dos dois simbiontes.

Avaliando o efeito de um FMA e de bactérias diazotróficas em cinco genótipos de *Zea mays* L., em relação à biomassa das plantas, teores de nitrogênio e fósforo na parte aérea e morfologia das raízes finas, Miyauchi et al. (2008) relataram que as concentrações de fósforo variaram entre híbridos, principalmente quando micorrizadas, foram maiores nos genótipos Ig40897-1 e Ig40505-1. As mais altas porcentagens de colonização micorrízica (90 %) ocorreram nos genótipos C333B e Ig40897-1 que, por sua vez, apresentaram os maiores diâmetros de raízes. A inoculação com FMA proporcionou maior biomassa da parte aérea e raízes, comprimento total e específico das raízes, superfície total e incidência de pelos nas raízes em todos os genótipos. Para estes autores, a alta colonização em cinco genótipos de *Zea mays* foi atribuída à baixa disponibilidade de fósforo no solo, indicando que as plantas dependem

de micorrizas para superar o déficit.

Para quarenta e três linhagens quase-isogênicas (Nils) de trevo-branco (*Trifolium repens* L.), derivadas de genótipos de quatro parentais autocompatíveis contendo alelo raro para autofertilização, inoculadas com *Glomus mossae*, Eason et al. (2001) encontraram um alto grau de variação entre linhas individuais em todos os parâmetros estudados. Quase metade das linhas mostram respostas significativas, com diminuição no comprimento da raiz. O peso da parte aérea foi diferente entre as plantas micorrizadas e não micorrizado para nove linhagens. Genótipos parentais foram afetados tanto para resposta aos isolados de FMA quanto para taxas de infecção micorrízica. Este fato foi observado também por Declerck et al. (1995), os quais constataram que a colonização variou de acordo com a cultivar estudada.

No entanto, Estaún et al. (1987) descreveram que a porcentagem de colonização, em três cultivares de ervilha, variou de acordo com os fungos inoculados e não com as cultivares. Os mecanismos que regulam o desenvolvimento e a atividade dos FMA, ainda não foram completamente elucidados, mas sabe-se que há alterações bioquímicas tanto no fungo como no hospedeiro, e que estas alterações são decorrência do processo de colonização (SIQUEIRA et al., 2002). As diferenças nas taxas de colonização entre progênies, para Krishna et al. (1985), podem ter sido consequência das diferenças na taxa de crescimento dos FMA no córtex das raízes, ou da característica genética de dependência micorrízica ou, ainda, do fato das plantas poderem apresentar dependência micorrízica diferenciada de acordo com suas idades.

Lacerda et al. (2011) relataram que *Hymenaea courbaril* não respondeu à inoculação com *Glomus clarum* para massa seca de parte aérea, na fase de formação das mudas (120 dias), porém, diferente dos dados do presente trabalho, as plantas não respondem à inoculação micorrízica em condição de baixo fósforo na solução do solo, mostrando percentual de colonização de cerca de 40 %. Para os autores, e como sugerido por Allsop e Stock (1995), isto se deve, possivelmente, ao fato desta espécie possuir sementes grandes, as quais poderiam armazenar nutrientes suficientes para o início do crescimento, não necessitando da simbiose com fungos micorrízicos. Este relato poderia responder parte do comportamento diferente das progênies empregadas no presente trabalho (Tabela

2), quanto à colonização e ao crescimento inicial das plantas.

Comparando o comportamento de nove genótipos de milho quanto ao crescimento e a micorrização por FMA, Campos et al. (2010) verificaram que a inoculação acarretou incrementos na produção de matéria seca de forma diferenciada entre genótipos; com Condá, F0, D1 e F8 exibindo os maiores valores de MSPA, enquanto Tractor e D7 os menores valores de MSR. Os genótipos não responsivos ou pouco responsivos quanto à dependência micorrízica tiveram comportamento diferente quanto à colonização, com Condá, Sol da Manhã, F0 e D1 proporcionando média de 60 %. Para os autores, as diferenças nas taxas de colonização entre os genótipos avaliados podem ser decorrentes de características intrínsecas às plantas, como da produção de substâncias inibitórias em resposta à infecção, como os compostos fenólicos e fitoalexinas, ou de substâncias promotoras de crescimento, como os carboidratos.

Estudando a comunidade de FMA presentes na rizosfera e na raiz de duas linhagens de milho (L3 e L22), contrastantes quanto à eficiência na absorção de fósforo, Gomes et al. (2004) encontraram diferenças significativas na colonização das raízes entre as linhagens. No entanto, não foram observadas diferenças significativas para número de esporos entre ambas as linhagens. Para Rengel (1997; 2002) diferenças entre genótipos podem influenciar qualitativa e quantitativamente a comunidade microbiana da rizosfera por diferenças quantitativas e qualitativas de seus exsudatos radiculares.

Estudando a eficiência de absorção de fósforo em doze genótipos de milho na presença e na ausência de inoculação com *Glomus etunicatum* e duas doses de fósforo, Reis et al. (2008) verificaram diferenças entre os genótipos na produção de matéria seca na raiz, na razão entre matéria seca na raiz e matéria seca na parte aérea, na colonização radicular e na razão fósforo acumulado na parte aérea por matéria seca na raiz. A micorrização alterou a classificação dos genótipos quanto à produção de matéria seca de parte aérea sob baixo P e à resposta ao aumento do suprimento de fósforo. Segundo os autores, as diferenças genotípicas na tolerância a solos com estresse nutricional, principalmente em relação ao fósforo, são documentadas em várias culturas. Tais diferenças têm sido relacionadas, basicamente, à eficiência com que as plantas absorvem o nutriente da solução e/ou utilizam-no internamente (FURLANI et al., 1985).

Progenies de *Hymenaea stigonocarpa*, segundo Trindade et al. (2001), apresentaram comportamentos diferentes em função das distintas exigências nutricionais e capacidade de absorção. Como um dos grandes benefícios da colonização micorrízica é o aumento da absorção de nutrientes, é razoável esperar que existam diferenças relativas à simbiose micorrízica, tanto por parte do simbionte, como por parte do hospedeiro. Desta forma, também para o presente trabalho, é possível sugerir que, apesar da alta colonização e da boa altura das plantas, as diferenças entre as progenies, frente ao baixo número de esporos, MSPA e MFSR, podem não ser atribuídas apenas à associação com FMA, mas também às diferenças entre as progenies em si, ou seja, do efeito genótipo frente às condições do solo.

Os dados obtidos no presente trabalho ressaltam a contribuição dos FMA no estabelecimento de plantas em solos degradados e corroboram observações de outros autores (GARDNER e MALAJCZUK, 1988; SAGGIN-JÚNIOR, 1997) que demonstraram a importância desses no processo de recuperação de áreas degradadas. O benefício das associações micorrízicas é consequência da interação das raízes do hospedeiro com os fungos, os quais contribuem com a revegetação por possuírem efeito comprovado como biorreguladores de crescimento, biofertilidades e biocontroladores em plantas, sendo estes de relevante importância para o manejo e aclimação de várias espécies vegetais (ROCHA et al., 2006).

No entanto, as espécies de fungos micorrízicos e as espécies vegetais respondem de forma diferenciada à simbiose, aos fatores climáticos, às características químico-físicas do solo (SILVA e SIQUEIRA, 1991). Muitos estudos, ainda, são necessários para entender os diferentes componentes do ecossistema e, assim, recuperar estas áreas mantendo a biodiversidade de espécies, incluindo as diferentes formas de vida, os microrganismos, como também, a diversidade genética, a rede de interações, os grupos funcionais, os ciclos biogeoquímicos e até a sustentabilidade econômica (RODRIGUES et al., 2009).

CONCLUSÕES

Existe variabilidade entre os genótipos de *Hymenaea stigonocarpa* no crescimento (AP, MSPA e MFSR) e micorrização (COL e NE), com destaque para duas progenies (JC7 e JC18), pelos

valores mais elevados.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos - Ao Prof. Dr. Mário Teixeira de Moraes, do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimento e Socioeconomia da Unesp/Campus de Ilha Solteira, pelas sugestões e doação das sementes de *Hymenaea stigonocarpa*, possibilitando a realização deste trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de produtividade do quarto autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLSOP, N.; STOCK, W. D. Relationship between seed reserves, seedlings growth and mycorrhizal responses in 14 related shrubs (Rosidae), from a low nutrient environment function. **British Ecological Society**, London, v. 9, p. 248-254, Jan. 1995.
- ALVES, S. G. **Variabilidade genética, germinação, repetibilidade e composição química de sementes em progenies de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne)**. 2003. 34 f. (Trabalho de Graduação em Agronomia)- Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.
- BRUNDETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research**, London, v. 21, p. 171-313, July 1991.
- BRYLA, D. R.; KOIDE, R. T. Mycorrhizal response of two tomato genotypes relates to their ability to acquire and utilize phosphorus. **Annals of Botany**, Oxford, v. 82, n. 6, p.849-857, June 1998.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de duas leguminosas arbóreas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, p. 63-70, jan./jun. 1999.
- CALGARO, H. F. et al. Adubação química e orgânica na recuperação da fertilidade de subsolo degradado e na micorrização do *Stryphnodendron polyphyllum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p.1337-1347 June 2008
- CAMPOS, D. et al. Crescimento e micorrização de genótipos de milho em casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p555-562, jul./set. 2010
- CARDOSO, E. J. B. N. et al. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbuscular em porta enxertos de citros. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 10, p. 25-30, 1986.

- CARDOSO, E. J. B. N. et al. Micorriza arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: Ed. UFLA, 2010. v. 1. p. 253-215.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 119-125, nov. 2004.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Fungos micorrízicos e superfosfato no crescimento de espécies arbóreas tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 50, p. 21-36, dez. 1996.
- CARPANEZZI, A.P. et al. Funções múltiplas das florestas: conservação e recuperação do meio ambiente. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos de Jordão. **Anais...** Campos de Jordão: SBS 1990. p. 216-221.
- COLOZZI FILHO, A.; NOGUEIRA, M.A. Micorrizas arbusculares em plantas tropicais: café, mandioca e cana-de-Açúcar. In: SILVEIRA, A.P.D.; FREITAS, S. S. **Microbiologia do solo e qualidade ambiental**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2007. p. 39-56. Disponível em: <(http://iac.impulsohost.com.br/publicacoes/publicacoes_online/pdf/microbiota.pdf)> Acesso em: 13 de setembro de 2011.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. **Ilha Solteira: a cidade e a usina**. São Paulo: CESP, 1988. 93 p.
- COSTA, C. M. C. et al. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento de dois genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 6, p. 893-901, jun. 2001.
- COSTA, M. D.; LOVATO, P. E. Micorrizas arbusculares e a supressão de patógenos. **Tópicos em Ciências do Solo**, Viçosa, v. 7, p. 119-140, 2007.
- DECLERCK, S. et al. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 176, p. 183-187, Oct. 1995.
- DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1980. (mimeografado).
- DOUDS, D. D. Relationships between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in mycorrhiza of *Paspalum notatum*. **New Phytologist**, London, v. 126, p. 233-237, Feb. 1994.
- EASON, W.R. et al. Effect of genotype of *Trifolium repens* on mycorrhizal symbiosis with *Glomus mosseae*. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 137, p. 27-36, Oct. 2001.
- ESTAÚN, V. et al. Influence of plant genotype on mycorrhizal infection: Response of three pea cultivars. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 103, p. 295-298, 1987.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DAREGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, São Carlos, 2000. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p. 255-258.
- GARDNER, J. H.; MALAJCZUK, N. Recolonization of rehabilitated bauxite mine sites in Western Australia by mycorrhizal fungi. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 24, p. 27-42, Apr. 1988.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of British Mycology Society**, London, v. 46, p. 235-244, June 1963.
- GIOVANNETTI, J. W.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, London, v. 84, n. 3, p. 489-500, Mar. 1980.
- GOMES, E. A. et al. Fungos micorrízicos na rizosfera de genótipos de milho (*Zea mays* L.). Contrastantes quanto à Eficiência na Absorção de Fósforo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Embrapa, 2004.
- GRAHAM, J. H.; EISSENSTAT, D. M. Host genotype and the formation and function of VA mycorrhizae. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, p. 179-185, Feb. 1994.
- JANOS, D. P. Mycorrhizas, succession and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J. C. et al. (eds.). **Fungi and environmental change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p. 129-162. (British Mycological Society Symposium. v.20)
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Idaho, v. 48, p. 692, 1964.
- KLIRONOMOS, J. N. et al. The influence of arbuscular mycorrhizae on the relationship between plant diversity and productivity. **Ecology Letters**, Oxford. v. 3, p. 137-141, Mar. 2000.
- KRISHMA, K. R. et al. Genotype dependent variation in mycorrhizal colonization and response to inoculation of pearl millet. **Plant and Soil**,

- Netherlands, v. 86, p. 113-125, 1985.
- LACERDA, K. A. P. et al. Fungos micorrízicos arbusculares e a adubação fosfatada no crescimento inicial de seis espécies arbóreas de cerrado. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 3, p. 377-386, jul./set. 2011
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 1992. 390 p.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, n. 1, p. 89-102, Feb. 1994.
- MIYAUCHI, M. Y. H. et al. Interaction between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 5, p. 525-531, set./out. 2008.
- MODESTO, P. T. et al. Alterações em algumas propriedades de um Latossolo degradado com uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1489-1498, set./out. 2009.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p.
- NOFFS, P. S. et al. **Recuperação de áreas degradadas da Mata Atlântica: uma experiência da CESP São Paulo: Companhia Energética de São Paulo (Cadernon.03. Série Recuperação)**. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/rec_20areas_20mata_20atlantica.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2011.
- PHILLIPS, J. M.; HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots for rapid assessment of infection. **Transaction of British Mycology Society**, London, v. 55, p. 158-161, Aug. 1970.
- RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A. **Métodos de Análises de Solos para fins de Fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).
- RAJAPAKSE, S.; MILLER Jr, J. C. Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. In: NORRIS, J.R. et al. (eds). **Methods in Microbiology**. London: Academic Press, 1992. p. 301-315. v. 24.
- RENGEL, Z. Genetic control of root exudation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 245, p. 59-70, Aug. 2002.
- RENGEL, Z. Root exudation and microflora populations in rhizosphere of crop genotypes differing in tolerance to micronutrient deficiency. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 196, p. 255-260, Aug. 1997.
- RIZZINI, C. T.; MORS, W. R. **Botânica Econômica Brasileira**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1999. p. 122-184.
- ROCHA, F. S. et al. Dependência e resposta de mudas de cedro a fungos micorrízicos arbusculares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 77-84, jan. 2006.
- RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1242-1251, Jan. 2009.
- SAS Institute Inc. **SAS Procedures guide**. Version 8 (TSMO). Cary, N.C.: SAS Institute Inc., 1999.
- SCABORA, M. H. et al. Associação micorrízica em espécies arbóreas, atividade microbiana e fertilidade dos solos em áreas degradadas de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 289-301, abr./jun. 2011.
- SCABORA, M. H. et al. Crescimento, fosfatase ácida e micorrização de arbóreas, em solo de cerrado degradado. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 445-451, abr./jun. 2010.
- SILVA, J. A. et al. **Frutas nativas dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; EMBRAPA-SPI, 1994. 166 p.
- SILVA, L. F. C.; SIQUEIRA, L. O. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoneiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 15, p. 283-288, 1991.
- SILVEIRA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Efeito do fósforo e da micorriza vesículo-arbuscular na simbiose *Rhizobium* – feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 11, p. 31-36, 1987.
- SIQUEIRA, J. O. et al. **Aspectos de solos, nutrição vegetal e microbiologia na implantação de matas ciliares**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 28 p.
- SIQUEIRA, J. O. et al. Fungos Micorrízicos arbusculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 25, p. 12-21, mar./abr. 2002.
- SIQUEIRA, J. O. et al. Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 107, p. 241-252, Oct. 1998.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO R. S.; HUNGRIA, M. (ed.). **Microrganismos agrícolas**. Brasília: Embrapa, 1994. p. 151-194.

- SIQUEIRA, J. O.; KLAUBERG FILHO, O. Micorrizas Arbusculares: a Pesquisa Brasileira em Perspectiva. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 1, p. 235-264, 2000.
- SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbioses**. California: Academic Press, 1997. 604 p.
- SOUZA, F. A. et al. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. In: SIQUEIRA, J. O. et al. **Micorrizas: 30 anos de pesquisa no Brasil**. Lavras: UFLA, 2010. p. 15-73.
- THOMSON, B. D. et al. Kinetics of phosphorus uptake by the germ-tubes of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita*. **New Phytologist**, Cambridge, v. 116, p. 647-653, Nov. 1990.
- TISDALE, S.L. et al. **Soil fertility and fertilizers**. New York: MacMillan, 1993. 634 p.
- TOTH, R.; TOTH, D. Quantifying vesicular-arbuscular mycorrhizae using a morphometric technique. **Mycologia**, Stanford, v. 74, p. 182-187, 1982.
- TRINDADE, A. V. et al. Dependência micorrízica de variedades comerciais do mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 1485-1494, dez. 2001.