

O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba

JOÃO RICARDO GONÇALVES DE OLIVEIRA¹, RENATA GOMES DE SOUZA¹,
FÁBIO SÉRGIO BARBOSA DA SILVA², ALESSANDRA SALVIANO MONTEIRO MENDES³ e
ADRIANA MAYUMI YANO-MELO^{4,5},

(recebido: 4 de setembro de 2008; aceito: 24 de junho de 2009)

ABSTRACT – (Role of autoctone community of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on the development of native plant species in revegetated restinga dunes from coastal region of Paraíba State). Association of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and plant roots constituted one of the most important ways to mitigate the impact of disturbed area. The aim of this work was to characterize the AMF community in the soil from revegetated dune area and to analyze its influence on the native plant development. Soils were collected in rainfall season in the revegetated area. Glomalin-related soil protein production (GRSP), glomerospores density and diversity were evaluated. The influence of AMF autoctone community was determined for two native plants: *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandw. (peroba) and *Tocoyena selloana* Schum. (jenipapo-bravo). Experimental design for each species was completely randomized with 10 replicates, two treatment – native soil (SN) and disinfested native soil (SND) – were tested. Parameters evaluated were: height, shoot diameter, leaf number and area, shoot and root dry mass, nutrient contents, glomerospore density, mycorrhizal colonization and glomalin-related soil protein production (GRSP). In dune revegetated soil was found 1 glomerospore g⁻¹ soil and 1.20 ± 0.04 mg GRSP g⁻¹ soil, and six AMF species were identified. Native soil promoted more development to plant and fungi. Mycorrhizal colonization in peroba was 80% and in jenipapo-bravo 60%. Then, AMF are present in revegetated area after mining contributing to growth of native plant species studied in greenhouse conditions, suggesting that their performance is affected by arbuscular mycorrhiza symbiosis.

Key words - arbuscular mycorrhiza, native plant species, restinga

RESUMO – (O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba). A simbiose entre fungos micorrízicos arbusculares (FMA) com raízes de plantas vasculares constitui uma das mais importantes formas de mitigar o impacto das áreas perturbadas. O trabalho objetivou caracterizar a comunidade de FMA presente no solo de área de duna revegetada e avaliar sua influência sobre o desenvolvimento de espécies nativas. Foi realizada coleta de solo durante o período chuvoso em área revegetada, avaliando-se: produção de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG), densidade e diversidade de glomerosporos. A influência da comunidade nativa de FMA foi determinada para duas espécies vegetais nativas: *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandw. (peroba) e *Tocoyena selloana* Schum. (jenipapo-bravo). Para cada espécie foram testados dois tratamentos – solo nativo (SN) e solo nativo desinfestado (SND) – em delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições. Ao final foram avaliados: altura, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, biomassa seca e conteúdo de nutrientes nas partes aérea e radicular, densidade de glomerosporos, colonização micorrízica hifálica, arbuscular, vesicular e total e produção de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG). O solo da área de duna revegetada apresentou 1 glomerosporo g⁻¹ de solo e 1,20 ± 0,04 mg PSRG g⁻¹ solo, sendo identificadas seis espécies de FMA. Maior desenvolvimento vegetal e fúngico ocorreram no SN. A colonização micorrízica na peroba foi de 80% e no jenipapo-bravo 60%. Os FMA estão presentes em áreas revegetadas após extração de minérios, e contribuem para o crescimento das espécies nativas testadas em condições de casa de vegetação, sugerindo assim, que o desempenho dessas plantas é influenciado pela simbiose micorrízica arbuscular.

Palavras-chave - micorriza arbuscular, plantas nativas, restinga

1. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Depto. Micologia, CCB, Programa de Pós-graduação em Biologia de Fungos, Rua Nelson Chaves, s/n., 50670-420 Recife, PE, Brasil.
2. Universidade de Pernambuco, UPE, Campus Petrolina, BR 203, km 2, 56300-000 Petrolina, PE, Brasil.
3. Embrapa Semi-Árido, Caixa Postal 23, 56304-970 Petrolina, PE, Brasil.
4. Universidade Federal do Vale do São Francisco, Univasf, Colegiado de Zootecnia, Av. José de Sá Maniçoba, s/n, Centro, 56304-917 Petrolina, PE, Brasil.
5. Autor para correspondência: amymelo17@hotmail.com.br

Introdução

A associação entre alguns fungos do solo e raízes da maioria dos vegetais, conhecida como micorriza, é uma relação mutualista benéfica, com perfeita interação morfo-fisiológica. As micorrizas podem ser classificadas de acordo com as características morfo-anatômicas da raiz colonizada em: ectomicorrizas, ectendomicorrizas e endomicorrizas. Dentre estas, a endomicorriza arbuscular,

formada pelos fungos micorrízicos arbusculares (FMA), é provavelmente a simbiose predominante nos ecossistemas terrestres (Smith & Read 1997).

A simbiose micorrízica arbuscular pode aumentar a superfície de absorção das raízes, melhorando a aquisição de íons de baixa mobilidade como P, Zn e Cu (Smith & Read 1997), resultando no aumento da tolerância do vegetal a estresses abióticos e bióticos, como patógenos do solo (Maia *et al.* 2006), seca (Augé 2001) e salinidade (Maia & Yano-Melo 2005). Além disso, os FMA contribuem para a melhoria na estruturação do solo (Rillig 2004), gerando benefícios para qualidade edáfica (Caravaca *et al.* 2005), podendo, ainda influenciar a diversidade vegetal (Bever 2003). É também essencial para a regeneração de áreas degradadas, atuando na melhoria da estruturação do solo, contribuindo para redução dos riscos de erosão e desertificação (Caravaca *et al.* 2005). No Brasil, os principais fatores de degradação do solo são o desmatamento e as atividades agrícolas (agricultura e pecuária), no entanto, o impacto causado por atividades de mineração também resulta em conseqüências prejudiciais ao ecossistema (Dias & Griffith 1988).

A reabilitação de áreas degradadas é difícil e lenta, envolvendo o desenvolvimento de tecnologias apropriadas. A universalidade da associação micorrízica arbuscular (Bécard *et al.* 2004), aliada ao papel desempenhado pelas comunidades de microrganismos do solo quanto a melhoria das condições edáficas e crescimento de plantas (Bever 2003), podem constituir ferramenta biotecnológica na recuperação de ambientes degradados. Porém, para a efetiva utilização, o papel da simbiose em áreas em processo de reabilitação deve ser definido, de forma a contribuir para melhoria das características físicas e biológicas, bem como na redução dos custos de recuperação de sistemas impactados.

Desta forma, o presente trabalho objetivou avaliar a influência da comunidade de FMA presente no solo de área de dunas de restingas revegetadas do litoral da Paraíba sobre o desenvolvimento de duas espécies vegetais nativas.

Material e métodos

Área de estudo – Localizada no Município de Mataraca, extremo norte do Estado da Paraíba (6°28'20"-6°30'00" S, 34°55'50"-34°57'10" W), a mineradora Millennium Inorganic Chemicals Mining extrai das dunas litorâneas os minerais titaníferos ilmenita, rutilo e zirconita, que são matérias-primas na indústria de pigmento, eletrodos de solda e cerâmicas, respectivamente. A vegetação típica é a de

restinga que reveste as dunas costeiras, com tipos arbóreos, arbustivos e herbáceos que ocorrem sobre praias estreitas e sobre dunas fixas podendo atingir até 100 m de altitude (Oliveira-Filho & Carvalho 1993). O clima da região é tropical e chuvoso, tipo Am de Köppen segundo Silva *et al.* (2000), com período de seca curto (principalmente dezembro) e precipitação média anual de 1.795 mm. A formação geológica predominante é composta de rochas sedimentares argilo-arenosas, sobrepostas por dunas. O processo de extração dessa riqueza mineral produz rejeito, constituído basicamente por areia quartzosa, que é depositada nas áreas exploradas para posteriormente recompor as dunas. Após a reconstituição física, as dunas são revegetadas com mudas de plantas nativas: *Anacardium occidentale* L., *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), *Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandw. (Bignoniaceae), *Tocoyena selloana* Schum., *Guettarda platypoda* DC. (Rubiaceae), *Manilkara salzmanii* (A. DC.) H. J. Lam. (Sapotaceae), *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae), entre outras. Estudos para recuperação e estabilização das dunas de rejeito foram iniciados em 1987, com o suporte técnico da Universidade Federal de Lavras e desde então, tem sido constatado o avanço do processo da sucessão ecológica, com conseqüente complexação estrutural da vegetação e aumento da diversidade vegetal (Cunha *et al.* 2003).

Coleta e caracterização do solo – Foi realizada coleta de solo durante o período chuvoso (junho/2006), selecionada uma subárea que passou por processo de revegetação iniciado em 1989. Foram coletados cerca de 200 kg de solo rizosférico, com a seguinte caracterização química: pH = 5,6; C.E. (condutividade elétrica) = 1,12 dS m⁻¹; P (fósforo) = 16 mg dm⁻³; K (potássio) = 0,1 cmol_c dm⁻³; Ca (cálcio) = 2 cmol_c dm⁻³; Mg (magnésio) = 0,9 cmol_c dm⁻³; Na (sódio) = 0,74 cmol_c dm⁻³; Al (alumínio) = 0,1 cmol_c dm⁻³; CTC (capacidade de troca catiônica) = 8,19 cmol_c dm⁻³ e 15,2 g kg⁻¹ de M.O. (matéria orgânica). As coletas foram feitas de forma aleatória, formadas por vinte amostras compostas, sendo cada uma constituída por três subamostras da região rizosférica das plantas predominantes na área de coleta e descritas na área de estudo, até uma profundidade de 20 cm. O solo foi acondicionado em sacos plásticos e posteriormente processado no Laboratório de Micorrizas (UFPE). Parte do solo coletado foi utilizado para avaliar a produção de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG), densidade e diversidade de glomerosporos. A porção restante foi utilizada em casa de vegetação para determinação da influência da comunidade nativa de FMA para duas espécies vegetais nativas.

Quantificação de glomerosporos – As amostras de solo foram homogeneizadas e peneiradas (malha de 5 mm) antes de serem processadas. Para extração dos glomerosporos foram utilizados 50 g do solo (5 repetições) empregando-se as técnicas de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson 1963), seguidas por centrifugação em água e sacarose (40% p v⁻¹) (Jenkins 1964), e a contagem realizada

em placas canaletadas, sob estereomicroscópio (40x). Para melhor caracterizar a comunidade de FMA do solo testado, foram identificadas seis espécies: *Acaulospora longula* Spain & Schenck, *Acaulospora scrobiculata* Trappe, *Acaulospora foveata* Trappe & Janos, *Glomus aggregatum* Schenck & Smith emend Koske, *Glomus glomerulatum* Sieverding e *Glomus taiwanensis* Wu & Chen.

Quantificação das proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) – As PSRG foram extraídas do solo seguindo-se a metodologia de Wright & Upadhyaya (1996): 2 mL de citrato de sódio (20 mM; pH 7,0) foram adicionados a 0,25 g de solo, seguindo-se a extração em autoclave (121 °C, 30 min). Após extração, o material foi centrifugado (10.000 g 5 min⁻¹) e as PSRG presentes no sobrenadante foram quantificadas pelo método de Bradford (1976), tendo como curva-padrão a albumina soro bovina (BSA).

Experimento em casa de vegetação – Foram realizados experimentos com duas plantas nativas: peroba (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sandw.) e jenipapo-bravo (*Tocoyena selloana* Schum.). Para cada experimento foram testados dois tratamentos – solo desinfestado (SD) e não desinfestado (SND) – com dez repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Parte do solo coletado foi fumigado por 48 h com Bromex® (98% brometo de metila e 2% cloropicrina). Sementes de peroba e de jenipapo-bravo, coletadas e fornecidas pela empresa Lyondell-Millennium, foram colocadas em bandejas contendo vermiculita e após as plântulas apresentarem no mínimo três folhas definitivas, foram transplantadas para sacos pretos contendo 2 kg dos respectivos tratamentos de solo. Após 120 dias foram avaliados: altura, diâmetro do caule, número de folhas (quinzenalmente), área foliar, biomassa seca e conteúdo de nutrientes aéreo e radicular, PSRG, densidade de glomerosporos, colonização micorrízica hifálica, arbuscular, vesicular e total (McGonigle *et al.* 1990). Para análise da área foliar, as imagens foram capturas por câmara digital e posteriormente analisadas pelo programa SIARCS 3.0 (Embrapa-CNPDIA 1996) e a biomassa seca vegetal por gravimetria após secagem em estufa (60 °C) até peso constante. Para determinação do incremento produzido pela presença do FMA foi utilizada a fórmula de Edginton *et al.* (1971) adaptada: $I (\%) = [(Tr - T) T^{-1}] \times 100$, onde; I (%) = incremento da variável; Tr = valor médio para o tratamento com solo nativo; T = valor médio do controle com solo nativo desinfestado. Para conteúdo de nutrientes foliar e radicular, da matéria seca triturada em moinho do tipo Willye, porções de 0,5 g da amostra foram mineralizadas por digestão nitro-perclórica e determinados os teores de Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica; P por colorimetria e K, por fotometria de emissão de chama. Todas as análises foram realizadas conforme metodologia da Embrapa (1999) e os valores obtidos foram multiplicados pela biomassa seca. A densidade de glomerosporos foi determinada como descrito anteriormente. A colonização

micorrízica foi estimada pelo método de McGonigle *et al.* (1990), após diafanização das raízes com KOH 10% e H₂O₂ 10%, acidificação em HCl 1% e posterior coloração com azul de Trypan (0,05%) (Phillips & Hayman 1970).

Análises estatísticas – Para satisfazer a homogeneidade de variância, os dados de densidade de glomerosporos foram transformados em $\log(x + 1)$ e os de colonização micorrízica total, hifálica, arbuscular e vesicular em arco seno ($\sqrt{x/100}$). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa Statistica 5.0 (Statsoft 1997).

Resultados e discussão

Número de glomerosporos em solo de dunas – A densidade de glomerosporos foi de 1 glomerosporo g⁻¹ de solo, número considerado baixo quando comparado ao observado por Trufem (1995), a qual registrou média de 1,93 glomerosporos g⁻¹ de solo em ecossistema de restinga na Ilha do Cardoso, SP. Porém, os valores são comparativamente similares aos obtidos por Silva *et al.* (2001), que recuperaram menos de 1,6 g⁻¹ solo, em áreas impactadas por atividade mineradora, na região semi-árida da Bahia.

Adicionalmente, o número de glomerosporos variou de 0,9 a 8,06 esporos g⁻¹ de solo em áreas salinizadas e de caatinga, respectivamente (Yano-Melo *et al.* 2003a, Souza *et al.* 2003), estando o presente resultado dentro da faixa observada por estes autores. Outros fatores como pluviosidade, temperatura, período de insolação e, sobretudo o hospedeiro influenciam a esporulação de FMA (Maia & Trufem 1990), podendo resultar em variação na densidade de glomerosporos no campo como observado por Caproni *et al.* (2003).

Gould *et al.* (1996) relataram que maior tempo pode ser necessário para recuperação de elevadas quantidades de glomerosporos, em áreas em processo de sucessão vegetal, pois a energia do micobionte pode estar destinada à colonização radicular e conseqüente estabelecimento dos vegetais nessas áreas. Dessa forma, a avaliação da colonização radicular por FMA na área de estudo poderia contribuir para compreensão dos resultados obtidos em relação à densidade de glomerosporos. No entanto, Caproni *et al.* (2003) registraram em áreas revegetadas que ocorria diminuição da densidade de glomerosporos de acordo com a sucessão temporal, atribuindo este fato a estabilização do sistema estudado, como observado na floresta primária. Assim, estudos prolongados associando a frequência de espécies de FMA ao longo do tempo poderiam confirmar se essa hipótese se confirma na área estudada.

Quantificação de PSRG em solo de dunas – A glomalina é uma glicoproteína produzida pelos FMA que contribui para a melhoria na estruturação do solo (Rillig 2004), gerando benefícios para a qualidade edáfica (Caravaca *et al.* 2005). No presente estudo, a produção de PSRG foi comparativamente maior ($1,20 \pm 0,04$ mg PSRG g⁻¹ solo) do que o obtido por Bird *et al.* (2002) no semi-árido do Novo México, os quais extraíram 0,3-0,6 mg PSRG g⁻¹ de solo. Em outros ecossistemas, como fragmentos de Mata Atlântica (Melo 2004), extraiu-se 22 mg PSRG g⁻¹ de solo, fato possivelmente relacionados aos teores de matéria orgânica nessas áreas, uma vez que Rosier *et al.* (2006) observaram que a matéria orgânica pode superestimar os valores de PSRG do solo.

Segundo Rillig *et al.* (2001), os fatores que estão envolvidos no controle da produção de PSRG no ambiente ainda não são claros, porém concentrações

de nutrientes, clima e possivelmente a diversidade de FMA, bem como hospedeiro e sua produtividade, podem influenciar a deposição e dessas proteínas no solo.

Experimentos em casa de vegetação – Maior crescimento vegetal foi observado quando as plantas foram cultivadas em solo nativo não desinfestado, em comparação ao tratamento de solo desinfestado. Isto sugere que a microbiota do solo desempenha importante papel no desenvolvimento de mudas em solos de áreas revegetadas.

Com exceção do número de folhas, diferenças no crescimento das mudas de jenipapo-bravo em função dos tratamentos do solo, foram obtidas 30 dias após o transplantio. Nas mudas de peroba, o efeito dos tratamentos foi mais tardio, visto que diferenças significativas quanto ao crescimento vegetal foram constatadas somente após 75 dias do transplantio (tabela 1).

Tabela 1. Médias de altura, número de folhas e diâmetro do caule de peroba – *Tabebuia roseo-alba* e jenipapo-bravo – *Tocoyena selloana*, aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 e 120 dias pós-transplante para solo nativo (SN) e nativo desinfestado (SND).

Table 1. Average height, leaf number and shoot diameter of peroba – *Tabebuia roseo-alba* and jenipapo-bravo – *Tocoyena selloana* plants, at 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 and 120 days after transplantation to native (SN) and disinfected native (SND) soils.

	Tratamentos por espécie	Tempo (dias)							
		15	30	45	60	75	90	105	120
Altura (cm)	Peroba								
	SN	3,25 a	3,65 a	4,14 a	5,05 a	6,20 a	7,20 a	8,25 a	10,00 a
	SND	3,33 a	3,74 a	4,26 a	4,77 a	5,40 b	5,50 b	5,40 b	5,80 b
	Jenipapo-bravo								
	SN	3,75 a	4,32 a	5,70 a	7,50 a	9,50 a	13,50 a	14,90 a	17,20 a
	SND	3,35 a	3,60 b	4,05 b	4,05 b	4,30 b	4,60 b	4,76 b	4,85 b
Nº folhas	Peroba								
	SN	4,50 a	5,50 a	7,40 a	8,80 a	10,40 a	12,50 a	13,60 a	18,80 a
	SND	5,00 a	6,33 a	8,00 a	8,55 a	9,30 b	9,30 b	9,50 b	9,70 b
	Jenipapo-bravo								
	SN	4,00 a	4,00 a	6,40 a	8,20 a	10,00 a	11,80 a	12,80 a	12,80 a
	SND	4,00 a	4,00 a	4,00 b	4,60 b	5,20 b	5,80 b	6,40 b	6,40 b
Diâmetro do caule (cm)	Peroba								
	SN	0,15 a	0,17 b	0,24 a	0,30 b	0,33 a	0,40 a	0,44 a	0,57 a
	SND	0,15 a	0,19 a	0,26 a	0,32 a	0,35 a	0,37 b	0,41 a	0,42 b
	Jenipapo-bravo								
	SN	0,20 a	0,22 a	0,25 a	0,30 a	0,32 a	0,38 a	0,46 a	0,44 a
	SND	0,18 a	0,19 b	0,22 b	0,22 b	0,22 b	0,23 b	0,23 b	0,25 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna (para cada espécie vegetal) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Means for each species followed by the same letter in the column did not show any significant difference from each other by Tukey test ($P < 0,05$).

Em solo nativo não desinfestado, as mudas de peroba tiveram incrementos de 79,64%, 75,93% e 76,79% para área foliar, biomassa seca aérea e radicular, respectivamente, quando comparadas com as do solo nativo desinfestado. De forma mais acentuada, obteve-se incrementos de 88,36%, 88,34% e 87,17% para área foliar, biomassa seca aérea e radicular das mudas de jenipapo-bravo, respectivamente, em relação ao solo nativo desinfestado (tabela 2).

Ao final dos experimentos, observou-se que maior número de glomerosporos foi registrado no solo nativo

Tabela 2. Médias da área foliar (AF) e biomassa seca aérea (BSA) e subterrânea (BSS) da peroba – *Tabebuia roseo-alba* e do jenipapo-bravo – *Tocoyena selloana*, em solo nativo (SN) e nativo desinfestado (SND), 120 dias pós-transplante.

Table 2. Average leaf area (AF) and shoots dry weight (BSA) and roots dry weight (BSS) of *Tabebuia roseo-alba* and *Tocoyena selloana* plants in native soil (SN) and disinfested native soil (SND) at 120 days after transplantation.

Espécie vegetal	Solo	AF (cm ²)	BSA (g)	BSS (g)
Peroba	SN	295,27 a	1,73 a	1,46 a
	SND	60,10 b	0,41 b	0,34 b
Jenipapo-bravo	SN	362,37 a	2,15 a	1,40 a
	SND	42,17 b	0,25 b	0,18 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada espécie vegetal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Means within the same species followed by the same letter in the column did not show any significant difference from each other by Tukey test ($P < 0,05$).

Tabela 3. Percentual de colonização radicular total (CT), hifálica (CH), arbuscular (CA), vesicular (CV) e produção de proteínas do solo relacionadas à glomalina (PSRG) em mudas de jenipapo-bravo (*Tocoyena selloana*) e peroba (*Tabebuia roseo-alba*) cultivadas em solo nativo (SN) e nativo desinfestado (SND), 120 dias pós-transplante.

Table 3. Percentage of total root (CT), hifal (CH), arbuscular (CA), and vesicular (CV) colonization and production of glomalina-related soil protein (PSRG) in *Tocoyena selloana* and *Tabebuia roseo-alba* plants, cultivated in native soil (SN) and disinfested native soil (SND), 120 days after transplantation.

Plantas	Solo	CT CH CA CV (%)				PSRG (mg g ⁻¹ solo)
		CT	CH	CA	CV	
Peroba	SN	79,14 a	61,79 a	1,88 a	15,48 a	1,32 b
	SND	3,61 b	2,74 b	0,00 b	0,87 b	1,81 a
Jenipapo-bravo	SN	60,79 a	54,88 a	1,11 a	4,80 a	1,57 a
	SND	2,62 b	1,98 b	0,00 b	0,63 b	1,14 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada espécie vegetal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Means followed by the same letter in column, between for each species, did not differ from each other by Tukey test ($P < 0,05$).

não desinfestado, em relação ao tratamento com solo desinfestado, recuperando-se menos de um glomerosporo g⁻¹ solo, para ambas as espécies vegetais (peroba e jenipapo-bravo).

Devido ao fato da fumigação eliminar propágulos de FMA, foi registrada elevada colonização micorrízica das raízes de peroba e jenipapo-bravo cultivados em solo não desinfestado (tabela 3). Os arbúsculos, responsáveis pela participação na transferência de nutrientes, e conseqüente funcionalidade da simbiose (Barker *et al.* 1998) podem ter contribuído para maximizar o crescimento vegetal. Carneiro *et al.* (1998) registraram colonização micorrízica média (49-20%) para a peroba (*Tabebuia roseo-alba*) em condições de viveiro e casa de vegetação respectivamente. Já para uma outra espécie do gênero *Tocoyena* [*Tocoyena formosa* (Cham. & Schltdl) K. Schum.] foram observados níveis baixos (19-1%) de colonização quando coletadas no cerrado. Os valores obtidos no presente estudo são comparativamente superiores (tabela 3), exceto com relação à *Tabebuia roseo-alba*, onde Zangaro *et al.* (2002), também em condições de casa de vegetação, observaram colonização elevada (80%), contudo tais resultados são representativos do sucesso no estabelecimento da simbiose.

A produção de proteínas do solo relacionada à glomalina não diferiu entre os tratamentos de solo, após cultivo do jenipapo-bravo (tabela 3). É provável que a duração do experimento não tenha sido suficiente para se detectar deposição diferenciada de glomalina, como sugerido por Silva (2006). Embora fosse esperado que o solo nativo (SN) cultivado apresentasse maior PSRG do que o solo nativo desinfestado (SND), tal fato não ocorreu nos vasos cultivados com peroba,

reforçando a constatação de Treseder & Turner (2007) que demonstraram que nem sempre há correlação entre produção de PSRG, densidade de hifa e colonização por FMA, além da possível influência do hospedeiro vegetal sobre essa produção. Outro fato que pode ocorrer é que a porção glicídica das PSRG pode servir como fonte de energia para microbiota edáfica, como sugerido por outras pesquisas (Harner *et al.* 2005). Tal comportamento sugere que as PSRG além de contribuírem para a agregação e estabilidade do solo, desempenham importante papel para microbiota edáfica nas áreas revegetadas, participando da ciclagem do carbono.

Em relação ao conteúdo nutricional, observa-se que em peroba houve efeito dos tratamentos de fumigação (tabela 4), pois plantas mantidas em solo nativo apresentavam maior teor P, Mg, Cu, Zn e Na na raiz do que as cultivadas em solo nativo desinfestado, enquanto nas folhas, somente o Cu era encontrado em maior quantidade. Maior absorção de P, Cu e Zn em plantas micorrizadas tem sido referida (Pouyu-Rojas *et al.* 2006), enquanto Na ocorre o inverso, ou seja, plantas micorrizadas apresentam menor teor desse nutriente, como forma de mitigar os efeitos prejudiciais

do excesso de sal (Maia & Yano-Melo 2005), sugerindo efeito protetor da microbiota associada.

Em jenipapo-bravo, observou-se maior teor de P, Ca e Mg na parte aérea em plantas micorrizadas em relação às não micorrizadas. Similarmente, na parte radicular, os teores de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Na foram superiores nas plantas micorrizadas, diferindo estatisticamente das plantas não micorrizadas (tabela 4). Nesse caso, não houve redução no acúmulo de Na pelas plantas micorrizadas, fato que poderá estar relacionado ao micobionte associado, considerando que Yano-Melo *et al.* (2003b) observaram que as espécies de FMA podem diferir quanto à absorção de Na.

O aumento nos teores de nutrientes proporcionado pela microbiota associada às plantas de peroba e jenipapo-bravo variou, sugerindo que a colonização micorrízica nas raízes dessas plantas tenha sido realizada por FMA distintos, já que associações preferenciais podem ser observadas na simbiose micorrízica (Sanders 2003), além de grau diferenciado de compatibilidade fungo-hospedeiro (Pouyu-Rojas *et al.* 2006). Tal fato torna ainda mais relevante o conhecimento do papel dos FMA na estruturação das comunidades e no funcionamento

Tabela 4. Conteúdo médio dos macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S em g planta⁻¹) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn em mg planta⁻¹) e Na (mg planta⁻¹) na parte aérea e radicular de mudas de peroba e jenipapo-bravo cultivadas em solo desinfestado (SND) e não desinfestado (SN), 120 dias pós-transplante.

Table 4. Average macronutrient (P, K, Ca, Mg and S in g by plant), micronutrient (Cu, Fe, Mn and Zn in mg by plant), and Na (mg by plant) contents in shoots and roots of peroba and jenipapo-bravo plants, cultivated in native (SN) and disinfested native (SND) soils, 120 days after transplantation.

	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
	g planta ⁻¹					mg planta ⁻¹				
Peroba – parte aérea										
SN	1,0 a	10,2 b	12,6 a	4,9 a	2,5 a	11,4 a	25,4 a	193,8 a	53,8 a	11900,0 b
SND	0,9 a	11,4 a	12,7 a	5,2 a	2,2 a	8,2 b	168,8 a	188,0 a	49,5 a	15111,1 a
Jenipapo-bravo – parte aérea										
SN	1,03 a	8,3 a	6,16 a	4,18 a	1,5 a	53,0 a	525,4 a	162,0 a	71,2 a	7760,0 a
SND	0,38 b	7,4 a	2,93 b	2,56 b	1,2 a	56,2 a	454,0 a	173,7 a	73,1 a	6611,1 a
Peroba – parte radicular										
SN	0,93 a	8,0 a	2,9 a	2,41 a	1,4 a	36,8 a	1557,8 a	365,8 a	100,8 a	8444,4 a
SND	0,35 b	6,7 a	2,9 a	1,62 b	1,2 a	10,0 b	1193,3 a	213,1 a	29,1 b	11050,0 b
Jenipapo-bravo – parte radicular										
SN	1,07 a	8,85 a	1,96 a	2,73 a	1,26 a	63,8 a	1091,6 a	107,6 a	100,2 a	6930,0 a
SND	0,33 b	5,16 b	1,08 b	1,93 b	0,86 b	62,5 a	184,6 b	35,8 b	40,5 b	473,3 b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, dentro de cada espécie vegetal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Means followed by the same letter in column, between for each species, did not differ from each other by Tukey test ($P < 0,05$).

dos ecossistemas, principalmente na reabilitação de áreas tropicais, onde predominam solos de baixa fertilidade e as micorrizas são potenciais essenciais para o sucesso da revegetação.

Agradecimentos – Ao CNPq, pela concessão da bolsa de IC (J.R.G. Oliveira) e PP (A.M. Yano-Melo), à Empresa Lyondell-Millennium Inorganic Chemicals do Brasil S.A., à Embrapa Semi-Árido e a todos do Laboratório de Micorrizas da Universidade Federal de Pernambuco.

Referências bibliográficas

- AUGÉ, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-24.
- BARKER, S.J., TAGU, D. & DELP, G. 1998. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbioses. *Plant Physiology* 116:1201-1207.
- BEVER, J.D. 2003. Soil community feedback and the coexistence of competitors: conceptual frameworks and empirical tests. *New Phytologist* 157:465-473.
- BÉCARD, G., KOSUTA, S., TAMASLOUKHT, M., SÉJALON-DELMAS, N. & ROUX, C. 2004. Partner communication in the arbuscular mycorrhizal interaction. *Canadian Journal of Botany* 82:1186-1197.
- BIRD, S.B., HERRICK, J.E., WANDER, M.M. & WRIGTH, S.F. 2002. Spatial heterogeneity of aggregate stability and soil carbon in semi-arid rangeland. *Environmental Pollution* 116:445-455.
- BRADFORD, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72:248-254.
- CAPRONI, A.L., FRANCO, A.A., BERBARA, R.L.L., TRUFEM, S.B., GRANHA, J.R.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.
- CARAVACA, F., ALGUACIL, M.M., BAREA, J.M. & ROLDÁN, A. 2005. Survival of inocula and native AM fungi species associated with shrubs in a degraded Mediterranean ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 37:227-233.
- CARNEIRO, M.A.C., SIQUEIRA, J.O., MOREIRE, F.M.S., CARVALHO, D., BOTELHO, S.A. & JUNIOR, O.J. 1998. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. *Cerne* 4:129-145.
- CUNHA, L.O., FONTES, M.A.L., OLIVEIRA, A.D. & OLIVEIRA-FILHO, A.T. 2003. Análise multivariada da vegetação como ferramenta para avaliar a reabilitação de dunas litorâneas mineradas em Mataraca, Paraíba, Brasil. *Revista Árvore*. 27:503-515.
- DIAS, L.E. & GRIFFITH, J.J. 1988. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In *Recuperação de áreas degradadas* (L.E. Dias & J.W.V. Mello, eds.). Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, Departamento de Solos, Viçosa UFV, p.252.
- EDGINTON, L.V., KHEW, K.L. & BARRON, G.L. 1971. Fungitoxic spectrum of benzimidazole compounds. *Phytopathology* 61:42-44.
- EMBRAPA 1999. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília.
- EMBRAPA-CNPQ. 1996. SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo). Embrapa, Brasília.
- 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*. 46:235-244.
- GOULD, A.B., HENDRIX, J.W. & FERRISS, R.S. 1996. Relationship of mycorrhizal activity to time following reclamation of surface mine land in western Kentucky – I: propagule and spore population densities. *Canadian Journal of Botany* 74:247-261.
- HARNER, M.J., RAMSEY, P.W. & RILLIG, M.C. 2005. Protein accumulation and distribution in floodplain and river foam. *Ecology Letters* 7:829-836.
- JENKINS, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Report* 48:692.
- MAIA, L.C. & TRUFEM, S.F.B. 1990. Fungos Micorrízicos Vesículo-Arbusculares em solos cultivados no Estado de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 13:89-95.
- MAIA, L.C. & YANO-MELO, A.M. 2005. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils. In *Mycorrhizas: role and applications* (V.S. Mehrotra, ed.). Allied Publishers, New Delhi, p.282-302.
- MAIA, L.C., SILVEIRA, N.S.S. & CAVALCANTE, U.M.T. 2006. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and root pathogens. In *Handbook of microbial biofertilizers* (M.K. Rai, org.). The Haworth Press Inc, New York, p.325-352.
- MCGONIGLE, 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.
- MELO, A.M.M. 2004. Fungos micorrízicos arbusculares (Glomeromycota) em fragmentos de Mata Atlântica no centro de endemismo Pernambuco. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

- OLIVEIRA-FILHO, A.T. & CARVALHO, D.A. 1993. Florística e fisionomia da vegetação no extremo norte do litoral da Paraíba. *Revista Brasileira de Botânica* 16:115-130.
- PHILLIPS, J.M. & HAYMAN, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society* 55:158-161.
- POUYU-ROJAS, E., SIQUEIRA, J.O. & SANTOS, J.G.D. 2006. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 30:413-424.
- RILLIG, M.C. 2004. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Canadian Journal of Soil Science* 84:355-363.
- RILLIG, M.C., WRIGHT, S.F., NICHOLS, K.A., SCHMIDT, W.F. & TORN, M.S. 2001. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. *Plant and Soil* 233:167-177.
- ROSIER, C.L., HOYE, A.T. & RILLIG, M. 2006. Glomalin related soil protein: assessment of current detection and quantification tools. *Soil Biology Biochemistry* 38:2205-2211.
- SANDERS, I.R. 2003. Preference, specificity and cheating in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Trends in Plant Science* 8:143-145.
- SANTOS, M., ROSADO, S.C.S., OLIVEIRA-FILHO, A.T. & CARVALHO, D. 2000. Correlações entre variáveis do solo e espécies herbáceo-arbustivas de dunas em revegetação no Litoral norte da Paraíba. *Cerne* 6:19-29.
- SILVA, F.S.B. 2006. Fase assimiótica, produção, infectividade e efetividade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em substratos com adubos orgânicos. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- SILVA, G.A., MAIA, L.C., SILVA, F.S.B. & LIMA, P.C.F. 2001. Potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares oriundos de área de caatinga nativa e degradada por mineração, no Estado da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 24:135-143.
- SMITH, S.E. & READ, D.J. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, San Diego.
- SOUZA, R.G., MAIA, L.C., SALES, M.F. & TRUFEM, S.F.B. 2003. Diversidade e potencial de infectividade de fungos micorrízicos arbusculares em área de caatinga, na região de Xingó, Estado de Alagoas, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 26:49-60.
- STATSOFT INC. 1997. *Statistica for windows*. Tulsa, USA.
- TRESEDER, K.K. & TURNER, K.M. 2007. Glomalin in ecosystems. *Soil Science Society American Journal* 71:1257-1266.
- TRUFEM, S.F.B. 1995. Aspectos ecológicos de fungos micorrízicos arbusculares na rizosfera de plantas de restinga da Ilha do Cardoso, SP, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 18:51-60.
- WRIGHT, S.F. & UPADHYAYA, A. 1996. Extraction of an arbuscular and unusual protein from soil and comparison on hyphal protein of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Science* 161:575-586.
- YANO-MELO, A.M., TRUFEM, S.F.B. & MAIA, L.C. 2003a. Arbuscular mycorrhizal fungi in salinized and surrounded áreas at the São Francisco Submedium Valley, Brazil. *Hoehnea* 30:79-87.
- YANO-MELO, A.M., SAGGIN JÚNIOR, O.J. & MAIA, L.C. 2003b. Tolerance of mycorrhized banana (*Musa* sp. cv. Pacovan) plantlets to saline stress. *Agriculture Ecosystems Environment* 95:343-348.
- ZANGARO, W., NISIZAKI, S.M.A., DOMINGOS, J.C.B. & NAKANO, E.M. 2002. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. *Cerne* 8:77-87.