

Desenvolvimento e colonização micorrízica em mudas de embaúba adubadas com fosfato natural e material orgânico¹

Development and mycorrhizal colonisation in embauba seedlings fertilised with natural phosphates and organic material

Eudes Pinheiro da Silva², Vânia Felipe Freire Gomes², Paulo Furtado Mendes Filho², José Maria Tupinambá da Silva Júnior^{2*} e Ricardo Luiz Lange Ness³

RESUMO - A Embaúba (*Cecropia pachystachya* Trécul) é uma espécie de comportamento pioneiro, rústica e de crescimento rápido, ideal para cultivo em solos de baixa fertilidade, o que justifica sua dependência em relação aos fungos micorrízicos arbusculares (FMA). A simbiose dessa planta com os FMA amplia sua eficiência na absorção dos nutrientes da solução do solo, principalmente os de pouca mobilidade como o fósforo, o que possibilita o uso de adubo fosfatado de baixa solubilidade na produção de mudas. Para avaliar essa possibilidade foi conduzido um trabalho em casa de vegetação por 120 dias, no qual foi testado o fosfato de rocha natural em cinco doses de P (0; 75; 150; 300 e 600 mg L⁻¹), sobre a colonização por FMA e o desenvolvimento de mudas de embaúba cultivadas em substrato composto por solo natural (SN), solo natural com 50% (v/v) de solo esterilizado (SND) e solo natural com 25% (v/v) de material orgânico (SNM). Avaliou-se a altura, produção de massa seca da parte aérea, diâmetro do colo, teores de N, P, K, percentagem de colonização micorrízica radicular, número de esporo de FMA no substrato, a respiração basal do solo (RBS), o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o quociente metabólico do solo (qCO₂). O crescimento, diâmetro do colo e a produção de massa seca da parte aérea da embaúba não foram favorecidos pelos substratos e nem pelas doses de P. Todavia a colonização micorrízica radicular, a esporulação, RBS, CBM e qCO₂ foram influenciadas pelas adubações fosfatada e orgânica adicionadas ao solo.

Palavras-chave: *Cecropia pachystachya* Trécul. Fósforo. Micorriza. Adubação orgânica.

ABSTRACT - Known locally as embauba, *Cecropia pachystachya* Trécul is a rustic, pioneer species with fast growth, ideal for cultivation in soils of low fertility, which explains its dependence on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The symbiosis of this plant with AMF increases its efficiency in absorbing nutrients from the soil solution, especially those of low mobility such as phosphorus, which makes it possible to use phosphate fertilisers of low solubility in the production of seedlings. To evaluate this possibility, work was carried out in a greenhouse for 120 days, where natural rock phosphate was tested at five doses of P (0, 75, 150, 300 and 600 mg L⁻¹) for colonisation by AMF. Also tested was the development of embauba seedlings grown in a substrate comprising natural soil (SN), natural soil with 50% (v/v) sterilised soil (SND), and natural soil with 25% (v/v) organic material (SNM). Evaluations were made of height, shoot dry weight production, stem diameter, levels of N, P, K, percentage mycorrhizal root colonisation, number of AMF spores in the substrate, soil basal respiration (RBS), microbial biomass carbon (CBM) and soil metabolic quotient (qCO₂). Growth, stem diameter and shoot dry matter in the embauba were not benefitted by the substrates or the levels of P. However, root mycorrhizal colonisation, sporulation, RBS, CBM and qCO₂ were affected by the phosphorus and organic fertilisers added to the soil.

Key words: *Cecropia pachystachya* Trécul. Phosphorus. Mycorrhiza, Organic fertiliser.

DOI: 10.5935/1806-6690.20160030

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 08/02/2015; aprovado em 25/01/2016

Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor, financiada pela CAPES e pelo projeto P-350, BNB/ASTEF/UFC

²Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Av. Mister Hull, 2977, Campus do Pici, Bloco 807, Fortaleza-CE, Brasil, 60.440-554, eudespsilva@yahoo.com.br, vaniafreire@ufc.br, mendes@ufc.br, junior_tupinamba@hotmail.com

³Universidade Federal do Cariri, Rua Tenente Raimundo Rocha, s/n, Bairro Universitário, Juazeiro do Norte-CE, Brasil, 63.048-080, langeness@gmail.com

INTRODUÇÃO

A Embaúba (*Cecropia pachystachya* Trécul) é uma árvore de médio porte, comportamento pioneiro, rústica e de crescimento rápido, ocorrendo em matas ciliares, bordas de florestas e clareiras, ideal para o início de reflorestamento em áreas degradadas (BATISTA *et al.*, 2008a). Segundo Almeida (2000) em ambientes tropicais, as espécies vegetais pioneiras são menos exigentes devido a sua capacidade de adaptação a solos de baixa fertilidade, pois requerem um mínimo de aporte nutricional, o que justificaria sua dependência em relação aos fungos micorrízicos arbusculares (FMA).

Por apresentar ampla compatibilidade com fungos micorrízicos arbusculares, a embaúba mostrou potencial para ser utilizada na reabilitação de áreas degradadas. Outro fato relevante é que a simbiose planta-fungo amplia a eficiência na absorção dos nutrientes da solução do solo, principalmente os de pouca mobilidade como é o caso do fósforo (POUYU-ROJAS; SIQUEIRA; SANTOS, 2006).

A utilização de fosfato de rocha natural reativo é uma fonte de fósforo (P) eficiente agronomicamente, de custo baixo, quando comparado aos fosfatos acidulados, e com o benefício de ser liberado de maneira gradual, contínua e progressiva durante todo o ciclo das culturas (DIAS *et al.*, 2014), podendo ser utilizada nos solos de baixa fertilidade em complemento à associação com os FMA do solo. Outra estratégia para potencializar a disponibilidade de fósforo na solução do solo é a utilização da matéria orgânica (MO), pois, além de fonte de nutrientes, melhora a estrutura do solo, a agregação, a infiltração, a retenção de água e a atividade biológica do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

A atividade microbiológica do solo é influenciada diretamente pelo aporte de MO e fósforo no solo, pois a MO é fonte de carbono e energia para a biomassa microbiana do sistema edáfico. A biomassa microbiana do solo (BMS) é definida como o componente vivo da matéria orgânica do solo, com exceção da macrofauna. A fração viva, geralmente está entre 1 a 5% do total de MO, sendo que, os micro-organismos do solo têm papel fundamental nos processos de decomposição da MOS (ARAÚJO; MELO, 2012).

Propõem-se testar a hipótese de que cultivar mudas da espécie arbórea embaúba colonizada com fungos micorrízicos arbusculares em solo natural, com adição de matéria orgânica e doses de P na forma de fosfato de rocha natural reativo, favorecem o seu crescimento e a atividade da microbiota do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar a atividade microbiana do solo, a colonização radicular por

FMA nativos e o desenvolvimento de mudas de embaúba adubadas com fosfato de rocha natural reativo e material orgânico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (CCA/UFC), no Campus do Pici, no município de Fortaleza-CE, utilizando-se uma amostra de solo classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013) para compor os substratos. Avaliou-se o efeito da aplicação de cinco doses de P (0; 75; 150; 300 e 600 mg de P L⁻¹ de substrato), usando-se fosfato de rocha natural reativo (FNR) e material orgânico, no desenvolvimento e na colonização micorrízica de mudas de embaúba. Essas foram cultivadas em solo natural (SN); solo natural com 50% (v/v) de solo esterilizado (SND) e solo natural com 25% (v/v) de material orgânico (SNM). Para a obtenção do SND, o solo foi autoclavado a 121 °C, 1 atm, por 3 horas e deixado em repouso por 15 dias. O material orgânico foi constituído de folhas e restos de podas de árvores, moídos e em incipiente estágio de decomposição. As características químicas dos substratos são apresentadas na Tabela 1 (EMBRAPA, 1997).

O delineamento estatístico adotado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em fatorial (5 x 3), sendo 5 níveis de P (0; 75; 150; 300 e 600 mg de P L⁻¹ de substrato) e 3 substratos (solo natural (SN); solo natural com 50% (v/v) de solo esterilizado (SND) e solo natural com 25% (v/v) de material orgânico (SNM), com 3 repetições, sendo cada repetição duplicada para minimizar o risco de perda de parcelas. Os substratos foram acondicionados em sacos plásticos pretos com 3 litros de capacidade. A irrigação foi realizada diariamente com água do sistema de abastecimento urbano de Fortaleza, mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo (30 g água 100g⁻¹ solo).

As plantas foram colhidas aos 120 dias após a emergência, quando se avaliou o comprimento e o diâmetro do colo das plantas; a massa da matéria seca da parte aérea (com secagem em estufa a 65 °C até massa constante); o número de esporos de FMA, pelo peneiramento úmido do solo (GERDEMANN; NICOLSON, 1963); a percentagem de colonização por FMA nas raízes, coradas segundo Vierheilig *et al.* (1998); a respiração basal do solo, carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico do solo (MENDONÇA; MATOS, 2005) e os teores de N, P e K na parte aérea das plantas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Tabela 1 - Características químicas dos substratos: solo natural (SN), solo natural diluído (SND) e solo natural adicionado de 25% de material orgânico (SNM), utilizados no experimento

	P mg kg ⁻¹	K ⁺ mg kg ⁻¹	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ cmol _c kg ⁻¹	Ca ²⁺ cmol _c kg ⁻¹	Mg ²⁺ cmol _c kg ⁻¹	Al ³⁺ cmol _c kg ⁻¹	Na ⁺ mg kg ⁻¹	pH água
SN	18,0	116,0	4,5	2,4	2,1	0,0	69,0	5,2
SND	31,0	116,0	5,0	2,7	2,3	0,0	72,0	5,4
SNM	30,0	123,0	8,4	6,4	2,0	0,0	88,0	5,6

As análises estatísticas foram realizadas através do programa SISVAR 5.1 Build 72, de acordo com Ferreira (2008). Foi realizado o teste de Kolmogorof-Smirnoff, para verificar se havia distribuição normal dos dados. Os dados obtidos nos experimentos foram submetidos às análises de variância e regressão, seguidos das comparações das médias pelo teste “Scott-Knott ($P \leq 0,05$)”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura da parte aérea, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea das plantas e quociente metabólico do solo não apresentaram diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre os fatores (doses de P (FNR), substratos (Sub) e interação entre FNR e Sub) (Tabela 2). Possivelmente este fato foi devido à lenta e gradual liberação do fósforo da rocha fosfatada, como já observado por Araújo (2011).

Associado a isto, as plantas de embaúba apresentam a característica de rusticidade, que pode ter contribuído para que elas não sofressem efeito dos tratamentos aplicados. Além de que, estas plantas conseguem se estabelecer em locais degradados e com baixo aporte nutricional.

O número de esporos de FMA foi significativo ($P \leq 0,05$) para os substratos e apresentou interação significativa ($P \leq 0,05$) entre as doses de P e os substratos (Tabela 2). O substrato SN apresentou o maior valor médio de esporulação (785 esporos por 100 g de solo na dose 0 mg de P), estando representado por uma equação linear inversa, seguido do substrato SND representado por uma equação quadrática com ponto mínimo em 360 esporos por 100 g de solo na dose de 150 mg de P (Tabela 3 e Figura 1A). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Machineski, Balota e Souza (2011), que ao avaliarem a resposta da mamoneira à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de P, observaram que houve diminuição na esporulação com o aumento nos teores de P no solo.

Pesquisas que avaliaram a densidade de esporos em plantas de acerola adubadas com superfosfato triplo e inoculadas com diferentes espécies de FMA (*Gigaspora margarita*; *Glomus manihotis* e *G. clarum*) mostraram, de modo geral, que houve diminuição na esporulação devido ao aumento das doses de P adicionadas ao solo (BALOTA; MACHINESKI; STENZEL, 2011). No entanto, a diminuição do número de esporos com o aumento de doses de fósforo não é regra geral. Em alguns estudos a quantidade total de esporos de FMA não é afetada por doses crescentes de P (MOREIRA; BARETTA; CARDOSO, 2012).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das variáveis estudadas na produção de mudas de embaúba submetidas a diferentes doses de fósforo em três diferentes substratos

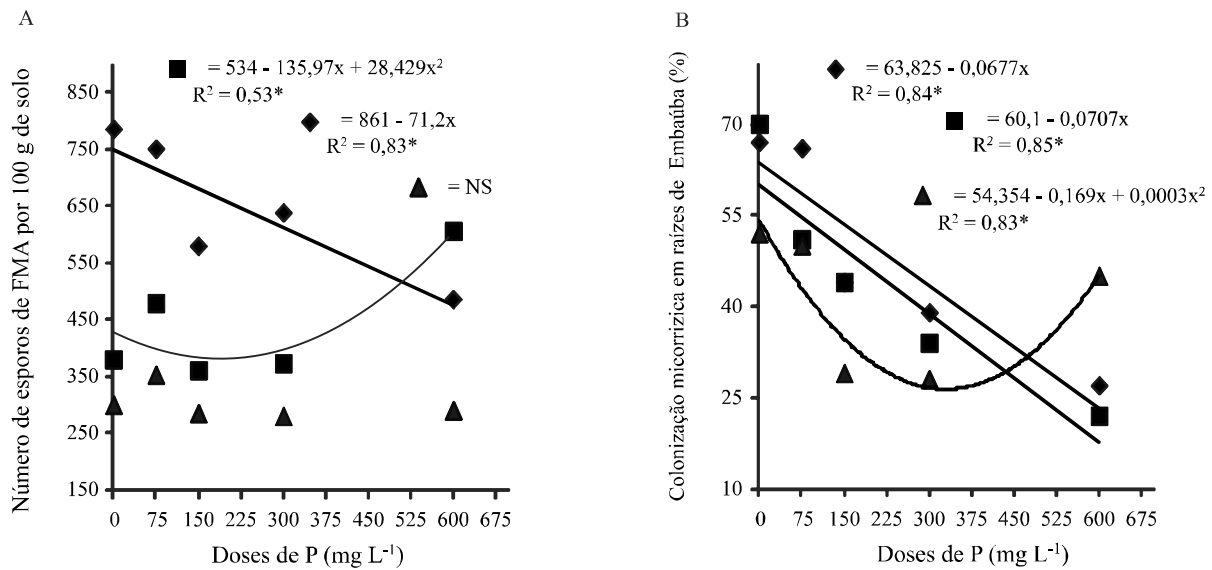
Fonte de Variação	GL	Teste F										
		ALT	DC	MSPA	NE1	CR2	CBMS	RBS	QCO2	N	P	K
FNR	4	1,59 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,52 ^{ns}	2,55 ^{ns}	17,33**	1,98 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,89 ^{ns}	2,07 ^{ns}	1,91 ^{ns}	5,45**
Sub	2	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,92 ^{ns}	61,84**	2,43 ^{ns}	41,55**	5,66**	0,94 ^{ns}	13,07**	37,82**	6,34**
Interação FNR*Sub	8	0,97 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,18 ^{ns}	3,47**	2,60*	1,34 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,32 ^{ns}	2,20 ^{ns}	3,25**	3,68**
Resíduo	30											
CV (%)		16,07	16,69	27,82	9,35	14,59	9,60	19,01	21,04	5,22	12,00	7,23

FNR – Doses de P; Sub – Substratos; ALT – Altura da parte aérea (cm); DC – Diâmetro do colo (mm); MSPA – Massa seca da parte aérea (g planta⁻¹); NE – Número de esporos de FMA; CR – Colonização radicular de FMA (%); CBMS – Carbono da biomassa microbiana do solo (mgC kg⁻¹ solo); RBS – Respiração basal do solo (mgC-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹); QCO₂ – Quociente metabólico do solo; N, P e K – Teores de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea das plantas, respectivamente (g kg⁻¹); CV – Coeficiente de variação; ns – Não significativo ($P > 0,05$) pelo teste de Scott-Knott; * e ** – Significativo ($P \leq 0,05$) e ($P \leq 0,01$), respectivamente; ¹ Valores transformados em \sqrt{X} ; ² Valores transformados em $\arcsen \sqrt{\%}$

Tabela 3 - Número de esporos de FMA e colonização radicular das plantas por FMA, segundo a interação FNR x Sub. Média de 3 repetições

FNR Sub	Número de esporos de FMA por 100 g de solo					Colonização radicular das plantas por FMA				
	0	75	150	300	600	0	75	150	300	600
SN	785 a	750 a	579 a	638 a	485 a	67,3 a	66,3 a	44,3 a	39,3 a	27,7 b
SND	379 b	478 b	360 b	372 b	605 a	70,0 a	51,3 a	44,3 a	34,76 a	22,3 b
SNM	299 b	352 b	284 b	279 b	289 b	52,3 a	50,7 a	28,7 a	28,0 a	45,0 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) FNR- Doses de P; Sub – Substratos; SN - Solo natural; SND - Solo natural com 50% (v/v) de solo esterilizado e SNM - Solo natural com 25% (v/v) de material orgânico

Figura 1 - Número de esporos de FMA e percentagem de colonização de FMA em plantas de embaúba. Tratamentos (◆SN; ■SND e ▲SNM); ▲ns - não significativo

A colonização micorrízica arbuscular nas raízes das plantas de embaúba foi significativa ($P \leq 0,05$) para a interação entre os substratos e as doses de P (Tabela 2). Contudo, não ocorreu diferença estatística significativa nas doses 0; 75; 150 e 300 mg de P nos tratamentos estudados (Tabela 3). Os substratos SND e SN se enquadraram num modelo de equação linear inversa, mostrando tendência de redução da colonização radicular micorrízica nas raízes das plantas com o aumento do suprimento de P (Figura 1A), enquanto que o substrato SNM está representado por uma equação quadrática com ponto de mínimo em 28,0% na dose 300 mg de P e ponto máximo em 52,3% na dose 0 mg de P L⁻¹ de substrato (Figura 1B).

Esse resultado difere do encontrado por Carneiro, Siqueira e Davide (2004), que observaram redução da colonização micorrízica com o aumento das doses de fósforo em plantas de embaúba inoculadas com diferentes espécies de FMA. Mello *et al.* (2012) encontraram taxas de colonização inferiores a 10% em solos da Caatinga com altas concentrações

de P no solo, pois baixas ou altas concentrações de P no solo podem aumentar ou diminuir a colonização micorrízica.

Samarão *et al.* (2011), avaliando diferentes doses de P em plantas de graviola, inoculadas com inóculo nativo, encontraram aumento no percentual de colonização até a dose de 53,5 mg kg⁻¹ de P, indicando que as espécies nativas de FMA são responsivas a pequenas doses de P adicionadas ao substrato. Segundo Kiriachek *et al.* (2009), os mecanismos que regulam a colonização micorrízica são pouco relatados na literatura, mas sabe-se que a formação e o funcionamento da simbiose dependem de um complexo processo de troca de sinais entre os simbiontes e que a concentração de fosfato na planta e no solo pode afetar a micorrização.

Os substratos SNM e SN apresentaram as maiores médias de carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) no entanto, sem apresentar diferença estatística significativa entre eles, pelo teste de Scott-

Knott ($P \leq 0,05$) (Tabela 4). Stieven *et al.* (2009) verificaram valores de carbono da biomassa microbiana superiores na mata nativa em relação à pastagem nativa e a cultivada. Cunha *et al.* (2011) também verificaram maiores valores de CBMS em solos de mata indicando que o fornecimento de materiais orgânicos com diferentes graus de suscetibilidade à decomposição, originados da vegetação, contribui para a maior CBMS.

A respiração basal do solo (RBS) apresentou as maiores médias nos tratamentos SNM e SN, 3,62 e 3,31 mg C-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹, respectivamente estatisticamente iguais entre si, porém superiores ao valor observado para SND (Tabela 4).

Provavelmente a produção de C-CO₂ no SNM está relacionada com a adição de matéria orgânica ao solo natural. Os manejos orgânicos realizados em área de cultivo de cana-de-açúcar apresentaram maiores valores de RBS que o manejo convencional (EVANGELISTA *et al.*, 2013). Segundo Batista *et al.* (2008b) uma elevada taxa respiratória indica alta atividade biológica, podendo ser uma característica desejável, uma vez que pode significar transformação rápida de resíduos orgânicos em nutrientes disponíveis para as plantas. Entretanto, a qualidade do substrato pode afetar a respiração microbiana, limitando o fluxo de CO₂.

No presente trabalho, o substrato SND apresentou redução significativa da RBS (Tabela 4) em relação aos demais, o que se justifica pela redução do potencial biótico da microbiota nativa, após a autoclavagem de 50% do solo natural.

O quociente metabólico do solo (qCO₂) não diferiu significativamente ($P \leq 0,05$) para os substratos estudados (Tabela 4). Esse comportamento do qCO₂ pode ser indicativo de que houve incorporação de carbono orgânico nos substratos de modo uniforme. Pois à medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização de recursos do ecossistema, menos CO₂ é perdido pela respiração e maior proporção de carbono é incorporada aos tecidos microbianos, resultando em diminuição do qCO₂ (GODOY *et al.*, 2013). Valores maiores de qCO₂ são encontrados em situações adversas à população microbiana, nas quais os microrganismos gastam mais energia (carbono) para sua manutenção, em detrimento do crescimento populacional. Valores altos de qCO₂ podem indicar comunidades microbianas em condição de estresse fisiológico, enquanto valores baixos, indicariam ausência de estresse (SOUSA *et al.*, 2014).

Os resultados deste estudo são compatíveis com os encontrados por Bezerra *et al.* (2008) que ao pesquisar a atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar submetido a doses de fósforo, constataram que as doses de fósforo não interferiram estatisticamente no qCO₂ do solo.

O teor de nitrogênio na parte aérea das plantas apresentou maior valor no substrato SND sendo diferente estatisticamente dos demais substratos (Tabela 5). O maior teor médio de N encontrado nas plantas cultivadas no SND, provavelmente, foi devido à posterior decomposição da microbiota do solo submetido

Tabela 4 - Carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) (mgC kg⁻¹ solo), respiração basal do solo (RBS) (mgC-CO₂ kg⁻¹ solo h⁻¹) e quociente metabólico do solo (qCO₂) Média de 3 repetições

Substratos	Médias dos tratamentos		
	CBMS	RBS	qCO ₂
SN	1306,365 a	3,313 a	2,576 a
SND	1001,525 b	2,858 b	2,856 a
SNM	1366,777 a	3,615 a	2,673 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). SN - Solo natural; SND - Solo natural com 50% (v/v) de solo esterilizado e SNM - Solo natural com 25% (v/v) de material orgânico

Tabela 5 - Teores de Nitrogênio na parte aérea das plantas de embaúba, cultivadas em diferentes substratos. Médias de 3 repetições

Substratos		
SN	SND	SNM
15,305 b	16,108 a	14,614 c

Médias seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($P < 0,05$); SN - Solo natural; SND - Solo natural com 50% (v/v) de solo esterilizado e SNM - Solo natural com 25% (v/v) de material orgânico

à autoclavagem, com a consequente disponibilização do nitrogênio, favorecendo seu aproveitamento pelas plantas. Este resultado é diferente do apresentado por Sugai, Collier e Saggin-Júnior (2011) que, estudando o crescimento de mudas de angico inoculadas com diferentes espécies de FMA e cultivadas em solo preservado (coletado em área de preservação permanente) e esterilizado e em solo natural (não esterilizado e não inoculado), não observaram diferenças no teor de nitrogênio na parte aérea das plantas nos tratamentos.

Os teores de fósforo na parte aérea das plantas apresentaram maiores valores no substrato SNM com diferença significativa ($P \leq 0,05$) para os demais tratamentos, nas doses 75; 150; 300 e 600 mg de PL^{-1} de substrato (Tabela 6). Na dose 0 mg de PL^{-1} de substrato, não houve diferença significativa entre os substratos. Entretanto, apesar de ter significância ($P \leq 0,05$), o substrato SNM não apresentou um modelo de equação adequado para explicar o comportamento das fontes de variação avaliadas (Figura 2A). O teor de P na parte

aérea das plantas foi influenciado pelo substrato SNM e pelos FMA. Possivelmente, a maior atividade dos FMA a partir da dose 75 mg de P, resultou num maior aporte de fósforo na parte aérea das plantas, oriundo de uma maior solubilização do material orgânico presente no substrato SNM, em relação aos demais substratos (Tabela 6).

Carneiro, Siqueira e Davide (2004), avaliando o efeito da inoculação de FMA e doses de fósforo em plantas de embaúba, observaram que não houve efeito significativo nas plantas inoculadas com FMA para o teor de fósforo na parte aérea.

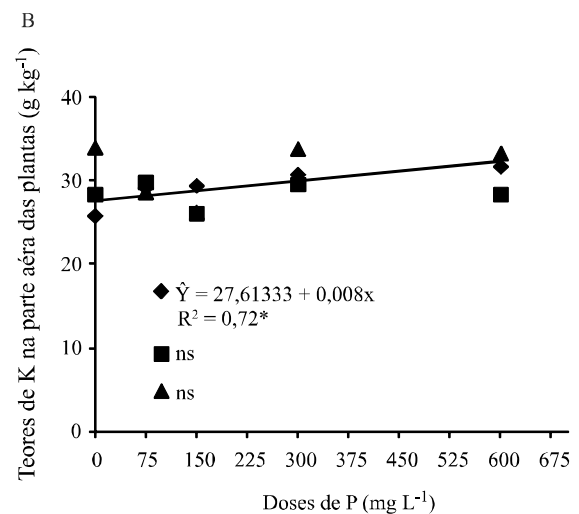
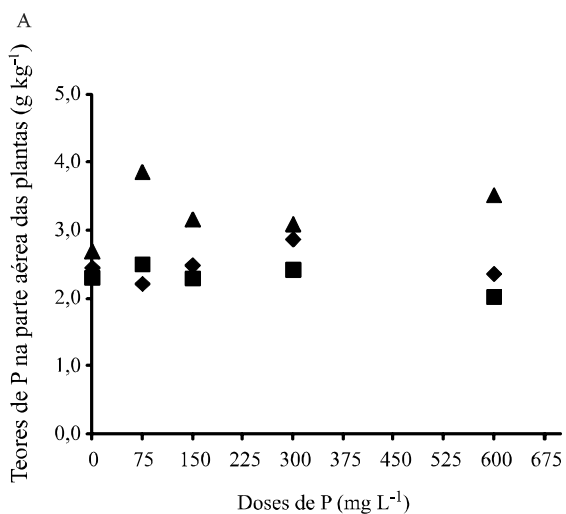
O teor de potássio presente na parte aérea das plantas do substrato SNM foi significativamente ($P \leq 0,05$) maior que dos substratos SN e SND (Tabela 5). O substrato SN apresentou comportamento de equação linear direta, pois quanto maior a dose de P maior foi o teor de K na parte aérea das plantas (Figura 2b). Entretanto, no tratamento SNM foi observado o maior valor de K em plantas, 34 g kg^{-1} K na dose 0 mg de PL^{-1}

Tabela 6 - Teores de fósforo e de potássio na parte aérea das plantas de embaúba, segundo a interação FNR x Sub. Média de 3 repetições

FNR Sub	P (g kg^{-1})					K (g kg^{-1})				
	0	75	150	300	600	0	75	150	300	600
SN	2,44 a	2,21 b	2,48 b	2,87 b	2,36 b	25,87 b	29,20 a	29,47 a	30,80 a	31,73 a
SND	2,30 a	2,50 b	2,29 b	2,42 b	2,02 b	28,40 b	29,87 a	26,13 a	29,60 a	28,40 b
SNM	2,69 a	3,85 a	3,15 a	3,09 a	3,51 a	34,00 a	28,67 a	26,27 a	33,87 a	33,33 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si segundo o teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). FNR - Doses de P; Sub - Substratos; SN - Solo natural; SND - Solo natural com 50% (v/v) de solo esterilizado e SNM - Solo natural com 25% (v/v) de material orgânico

Figura 2 - Teores de fósforo (P) e de potássio (K) na parte aérea das plantas de embaúba. Tratamentos (◆SN; ■SND e ▲SNM); ■ ns-não significativo; ▲SM-sem modelo



no substrato (Tabela 5). Porém, houve grande variação dos valores de K, em função das doses de P e a equação matemática gerada não se enquadrou adequadamente a um modelo para explicar o comportamento das fontes de variação avaliadas (Figura 2B). Este fato possivelmente decorre do maior aporte de K contido no material orgânico utilizado no substrato SNM.

Neves *et al.* (2004), pesquisando o crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo, observaram que as plantas responderam à aplicação de fósforo com o incremento inicial no acúmulo do K na parte aérea, mas, a partir de doses maiores de P a resposta passou a decrescer.

CONCLUSÃO

O crescimento, diâmetro do colo e a produção de massa seca da parte aérea das mudas de embaúba não foram favorecidas pelos substratos e nem pelas doses de P. Todavia a colonização micorrízica radicular, a esporulação dos FMA, a Respiração Basal do Solo, o Carbono da Biomassa Microbiana e o Quociente metabólico foram influenciadas pelas adubações fosfatada e orgânica adicionadas ao solo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2000. 130 p.

ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. **Biomassa microbiana do solo**. Teresina: Serviço de Processamento Técnico da Universidade Federal do Piauí, 2012. 150 p.

ARAÚJO, F. F. de. Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 355-360, 2011.

BALOTA, E. L.; MACHINESKI, O.; STENZEL, N. M. C. Resposta da acerola à inoculação de fungos micorrízicos arbusculares em solo com diferentes níveis de fósforo. **Bragantia**, v. 70, n. 1, p.166-175, 2011.

BATISTA, C. U. N. *et al.* Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 1, p. 91-98, 2008a.

BATISTA, Q. R. *et al.* Bioqualidade de área degradada pela extração de argila, revegetada com *Eucalyptus* spp. e sabiá. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 169-178, 2008b.

BEZERRA, R. G. D. *et al.* Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar submetido a doses de fósforo. **Revista Verde**, v. 3, n. 4, p. 64-69, 2008.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Fósforo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares no estabelecimento de mudas de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec.) **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 3, p. 119-125, 2004.

CUNHA, E. de Q. *et al.* Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603-611, 2011.

DIAS, L. P. R. *et al.* Substituição parcial de fosfato solúvel por natural na implantação de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii* no planalto sul catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 516-523, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353 p.

EVANGELISTA, C. R. *et al.* Atributos microbiológicos do solo na cultura da cana-de-açúcar sob manejo orgânico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1549-1562, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spore of mycorrhizal Endogene specie extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactive British Mycology Society**, v. 46, p. 235-244, 1963.

GODOY *et al.* Atributos físicos, químicos e biológicos do solo impactado por cultivos sucessivos de arroz. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1278-1285, 2013.

KIRIACHEK, S. G. *et al.* Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 1-16, 2009.

MACHINESKI, O.; BALOTA, E. L.; SOUZA, J. R. P. de. Resposta da mamoneira a fungos micorrízicos arbusculares e a níveis de fósforo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 1855-1862, 2011. Suplemento 1.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p.

MELLO, C. M. A. de *et al.* Diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em área de Caatinga, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 938-943. 2012.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 107 p.

MOREIRA, M.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Doses de fósforo determinam a prevalência de fungos micorrízicos arbusculares em *Araucaria angustifolia*. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 4, p. 813-820, 2012.

NEVES, O. S. C. *et al.* Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. **Revista Árvore**, v. 28, n. 3, p. 343-349, 2004.

OLIVEIRA, A. P. de *et al.* Produção e teor de amido da batata-doce em cultivo sob adubação com matéria orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 830-834, 2013.

POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O.; SANTOS, J. G. D. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 413-424, 2006.

SAMARÃO, S. S. *et al.* Desempenho de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em solo não-esterilizado, com diferentes doses de fósforo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 81-88, 2011.

SOUSA, F. A. *et al.* Atividade microbiana e produção da lavoura cafeeira após adubação com dejetos líquidos de suínos. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 1041-1049, 2014.

STIEVEN, A. C. *et al.* População e biomassa microbiana em solo do pantanal matogrossense. **Revista Biodiversidade**, v. 8, n. 1, p. 22-30, 2009.

SUGAI, M. A. A.; COLLIER, L. S.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Inoculação micorrízica no crescimento de mudas de angico em solo de cerrado. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p.416-423, 2011.

VIERHEILIG, H. *et al.* Ink and vinegar, a simple technique for arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, n. 12, p. 5004-5007, 1998.