

MUDAS DE SABIÁ COLONIZADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS E ADUBADAS COM FOSFATO NATURAL E MATERIAL ORGÂNICO

Eudes Pinheiro da Silva¹, Vânia Felipe Freire Gomes¹, Paulo Furtado Mendes Filho¹, José Maria Tupinambá da Silva Júnior¹, Aldênia Mendes Mascena de Almeida¹

¹Universidade Federal do Ceará, Departamento de Ciências do Solo, Av. Mister Hull, 2977, Campus do Pici, Bloco 807, Fortaleza-CE, Brasil, CEP: 60.440-554. E-mail: eudespsilva@yahoo.com.br, vaniafreire@ufc.br, mendes@ufc.br, jmsilvajunior@gmail.com, ald_m_m@hotmail.com

RESUMO - O sabiá (*Mimosacaesalpiniaefolia* Benth.) é uma espécie vegetal de rápido crescimento, que realiza simbiose com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e com bactérias fixadoras de nitrogênio, sendo indicada para revegetação de áreas degradadas. O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de mudas de sabiá colonizadas por FMA nativos e adubadas com cinco doses de fósforo (P) (0; 75; 150; 300 e 600 mg L⁻¹) na forma de fosfato natural e material orgânico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação por 120 dias após a emergência, a qual as mudas de sabiá foram cultivadas em três diferentes substratos 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). Ao final do estudo as plantas e os substratos foram avaliados quanto à altura, diâmetro do colo; a massa seca da parte aérea; o número de esporos de FMA; a percentagem de colonização micorrízica radicular; respiração basal, carbono da biomassa microbiana e quociente metabólico do solo e os teores de N, P e K na parte aérea das plantas. A altura das plantas de sabiá não sofreu influência dos tratamentos, contudo o diâmetro do colo e a massa seca da parte aérea apresentaram resultados satisfatórios no substrato SNM, mas não foram influenciadas pelas doses de P. O carbono da biomassa microbiana foi alterado pelo acréscimo de material orgânico no solo, não sendo observado efeito sobre a respiração basal. O uso da adubação fosfatada em doses crescentes interfere na colonização micorrízica radicular em mudas de sabiá.

Palavras-chaves: *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth; micorriza; fósforo.

SABIA SEEDLINGS COLONIZED WITH NATIVE ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND FERTILIZED WITH NATURAL PHOSPHATE AND ORGANIC MATERIAL

ABSTRACT - The sabia (*Mimosacaesalpiniaefolia* Benth.) is a species of rapid growth, which performs symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and nitrogen-fixing bacteria, is indicated for revegetation of degraded areas. The aim of this study was to evaluate the development of thrush seedlings colonized by native AMF and fertilized with five doses of phosphorus (P) (0, 75, 150, 300 and 600 mg L⁻¹) in the form of natural phosphate and organic material. The experiment was conducted in a greenhouse for 120 days after emergence, which the seedlings of thrush were grown in three different substrates composed of natural soil (NS), natural soil with 50% (v/v) of sterilized soil (NSS) and natural soil with 25% (v/v) of organic material (SNO). At the end of the study the plants and substrates were evaluated for height, stem diameter; the dry weight of shoot; the number of AMF spores; the percentage of root mycorrhizal colonization; basal respiration, microbial biomass carbon and soil metabolic quotient and the contents of N, P and K in the aerial parts of the plants. The height of plants was not influenced by the treatments, but the stem diameter and shoot dry mass showed satisfactory results in SNM substrate, but were not affected by doses of P. The microbial biomass

carbon was modified by the addition of soil organic matter, not observable effect on basal respiration. The use of phosphate fertilizer in increasing doses interferes with root mycorrhizal colonization in sabia seedlings.

Key words: *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. Mycorrhiza, phosphorus.

INTRODUÇÃO

O sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) pertence à família Fabaceae e subfamília Mimosaceae, sendo conhecida também como cebiá, angiquinho-sabiá, sansão do campo e unha de gato (MAIA, 2012; LEAL et al., 2008). Ocorrendo naturalmente em áreas com vegetação primária e secundária do bioma Caatinga, essa leguminosa desenvolve-se na maioria dos solos, exceto nos alagados, com preferência para solos profundos (CARVALHO, 2007; LORENZI, 2008).

O sabiá apresenta um grande potencial para ser utilizado na revegetação de áreas desmatadas, pois é uma espécie considerada rústica, pouco exigente em fertilidade do solo, adaptada a ambientes de baixa pluviosidade, como na região semiárida do Brasil. Segundo Gonçalves et al. (2013) essa espécie vegetal apresenta tolerância para cultivo em áreas degradadas, o que torna seu estudo indispensável, uma vez que, a ocorrência desse tipo de área no Brasil é extensa. O sabiá pode proporcionar melhorias na estrutura do solo, através da incorporação da matéria orgânica e do enriquecimento solo por nutrientes liberados durante a decomposição do material orgânico depositado na superfície do solo (SILVA et al., 2009). Acrescenta-se a essas características do sabiá, o potencial para ser utilizado como planta fitorremediadora em solos contaminados por metais pesados conforme observado em estudo conduzido por Cipriani et al. (2013).

Outro aspecto muito interessante dessa leguminosa, para sua sobrevivência e estabelecimento em solos degradados, é a simbiose realizada simultaneamente com os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) e com as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Os FMA favorecem a absorção de água e nutrientes, principalmente os de menor mobilidade no solo como o fósforo, essa maior capacidade de absorver nutrientes e água que a planta micorrizada adquire, deve-se principalmente ao aumento da superfície de absorção e exploração do solo pelas hifas fúngicas (ZHAO et al., 2015). De acordo com Souza et al. (2011) as hifas dos fungos micorrízicos são, em geral, muito mais eficientes na aquisição e no transporte de P do solo até as raízes do que o sistema radicular das plantas, principalmente em condições de baixa disponibilidade, como é o caso da maioria dos solos brasileiros.

Os organismos fixadores de N₂ abrangem formas de vida livre, associações simbióticas com plantas, autótrofos e heterótrofos. Diazotróficos simbióticos incluem uma série de gêneros da Rhizobiaceae (por exemplo *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium*), que formam simbioses com as leguminosas. O *Rhizobium* provoca sobre as raízes do hospedeiro (leguminosa) a formação de nódulos, que são órgãos especializados os quais contêm as bactérias fixadoras de N₂. A fixação simbiótica de N₂ em leguminosas é responsável por grandes contribuições da fixação de N em sistemas de cultivo (LOPES;MORAES; LANG, 2016).

Em pesquisa realizada por Oliveira; Silva e Araújo Neto (2012) a inoculação com o FMA, *Glomusetunicatum*, em mudas de sabiá adubada com fósforo, promoveu incremento no crescimento inicial dessa espécie vegetal. Portanto, a revegetação com leguminosas arbóreas associadas a bactérias fixadoras de N₂ e FMA tem se mostrado uma excelente alternativa à recuperação de solos degradados, pois o nitrogênio e o fósforo constitui-se fatores limitantes para o desenvolvimento dos vegetais, principalmente em solos de baixa fertilidade natural (EHRHARDT-BROCARDI et al., 2015; STOFFEL et al., 2016).

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

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi avaliar a atividade microbiana do solo, a colonização micorrízica radicular por FMA nativos e o desenvolvimento de mudas de sabiá 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 (DCS) da Universidade Federal do Ceará (UFC), no campus do Pici em Fortaleza – CE. Segundo a classificação de Köppen, a referida região apresenta um clima do tipo Aw⁷ e se localiza numa altitude de 20m acima do nível do mar, com as seguintes coordenadas

geográficas: latitude de 3° 44' S e longitude 38° 33' W.(3° 44'S; 38° 33' W, 20 m). Durante a condução do experimento a temperatura média do ar da casa de vegetação variou entre 28°C e 38°C de mínima e de máxima, respectivamente.

O solo utilizado para compor os substratos foi coletado a uma profundidade de 0-20 cm, sendo classificado como um Latossolo Amarelo (EMBRAPA, 2013). As sementes de sabiá (*Mimosacaesalpiniaefolia* Benth.) foram cedidas pelo Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFC e apresentavam dormência, por isso foram submetidas à escarificação química com ácido sulfúrico (H₂SO₄) PA, por 6 minutos para superarem a dormência tegumentar de acordo com Passos, Tavares e Alves (2007).O fosfato de rocha natural reativo (FNR) de GAFSA foi adquirido da Empresa Fertipar, com as seguintes características físico-químicas: P₂O₅ total – 28%; P₂O₃ solúvel em ácido cítrico a 2% rel 1:100 – 9,0%; Ca - 32,0%.

No experimento avaliou-se o efeito da aplicação de 5 doses de P (0, 75, 150, 300 e 600 mg de P L⁻¹ de substrato), usando-se o FNR e material orgânico no desenvolvimento e na colonização por FMA nativos em mudas de sabiá. Essas foram cultivadas em solo natural (SN); solo natural diluído (SND) a 50% (v/v), sendo constituído de 50% de solo natural com a microbiota nativa e 50% de solo natural autoclavado a 121°C, 1 atm, por 3 horas, e deixado em repouso durante 15 dias; e solo natural com 25% (v/v) de material orgânico (SNM), sendo o material orgânico constituído de folhas e restos de podas de árvores, moídos, em incipiente estágio de decomposição.Após a composição dos substratos retirou-se sub amostras para análises químicas segundo Embrapa(1997). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Solos e Água do DCS/UFC(Tabela 1). A autoclavagem de parte do substrato foi realizada com a finalidade de reduzir a concentração da microbiota no substrato final (SND) a ser utilizado no experimento.

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

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

O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado em fatorial (5 x 3), sendo cinco níveis de P (0, 75, 150, 300 e 600 mg de P L⁻¹) e três substratos (solo natural, solo natural diluído a 50% e solo natural com 25% de material orgânico), com três repetições, sendo cada repetição duplicada para minimizar o risco de perda de parcelas. Essas constituíram-se de três plantas por sacoplásticos com 2 litros de substrato. A irrigação foi realizada diariamente, mantendo-se a umidade do solo próxima à capacidade de campo (30 g água 100g⁻¹ solo).

Aos 120 dias após a emergência, realizou-se medições de altura, considerando-se a distância compreendida entre o nível do substrato e a inserção do broto da haste principal da planta, e diâmetro do colo das mudas, utilizando-se um paquímetro.

Em seguida, as plantas foram colhidas e subdivididas em raiz e parte aérea, sendo que essa última, foi posta em estufa de circulação forçada a 65°C até massa constante. Após estarem secas, foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g para determinação da massa seca parte aérea (MSPA). Para avaliar os teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), a parte aérea foi moída em moinho tipo Willey, com peneira de 2mm de abertura de malha, determinando-se os teores de N por digestão sulfúrica e de P e K a partir de extratos gerados por digestão nitroperclórica conforme Malavolta; Vitti e Oliveira(1997).

As raízes foram lavadas em água corrente e acondicionadas em recipientes contendo solução alcoólica a 70% até a avaliação da percentagem de colonização micorrízica radicular segundo a técnica de Giovanetti e Mosse (1980) após o procedimento de coloração radicular através da metodologia descrita por Vierheilig et al. (1998). O substrato utilizado no experimento foi colocado em sacos plásticos e mantidos refrigerados até a realização das seguintes análises: o número de esporos de FMA por peneiramento úmido do solo (GERDEMANN; NICHOLSON, 1963); a respiração basal e o quociente metabólico do solo (SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007a) e carbono da biomassa microbiana (SILVA; AZEVEDO; DE-POLLI, 2007b).

As análises estatísticas foram realizadas através do programa SISVAR 5.6 Build 86, de acordo com Ferreira (2014). Os dados percentuais de colonização micorrízica foram transformados em $\arcsen \sqrt{\%}$ e o número de esporos de FMA foi transformado em \sqrt{X} para a normalização 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

Na tabela 2, são apresentados os resultados da análise de variância para altura (ALT), diâmetro do colo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), número de esporos de FMA (NE), colonização micorrízica radicular (CMR), carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS), respiração basal do solo (RBS), quociente metabólico do solo (QCO₂), teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) da parte aérea de mudas de sabiá submetida a diferentes doses de fósforo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância encontrada nas variáveis estudadas, na produção de mudas de sabiá submetidas a diferentes doses de fósforo em três diferentes substratos.

Fonte de Variação	Teste F										
	ALT	DC	MSPA	NE ¹	CMR ²	CBMS	RBS	QCO ₂	N	P	K
Dose de Fósforo (DP)	1,69 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,13 ^{ns}	5,63 ^{**}	81,75 ^{**}	2,579 ^{ns}	1,76 ^{ns}	3,22 [*]	29,47 ^{**}	109,74 ^{**}	51,34 ^{**}
Substrato(SUB)	0,50 ^{ns}	6,89 ^{**}	8,27 ^{**}	71,37 ^{**}	27,55 ^{**}	54,17 ^{**}	0,87 ^{ns}	2,08 ^{ns}	60,24 ^{**}	13,64 ^{**}	23,09 ^{**}
Interação DP*SUB	1,59 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,09 ^{ns}	2,52 [*]	4,90 ^{**}	1,48 ^{ns}	2,21 ^{ns}	2,48 [*]	21,38 ^{**}	2,56 [*]	2,18 ^{ns}
CV (%)	10,62	6,10	8,93	17,27	9,54	8,81	9,93	37,10	33,95	3,63	6,68

FNR – Doses de P; Sub – Substratos; ALT – Altura da parte aérea (cm); MSPA – Massa seca da parte aérea (g planta⁻¹); NE – Número de esporos de FMA; CMR – Colonização micorrízica radicular (%); CBMS – Carbono da biomassa microbiana do solo (mgC kg⁻¹ solo); RBS – Respiração basal do solo (mgC-CO₂kg⁻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 ($P \geq 0,05$) 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 $\arcsen \sqrt{\%}$.

A ALT e a RBS não apresentaram diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as fontes de variações pesquisadas no experimento (Tabela 2). Porém, as doses de P ou o substrato influenciaram significativamente nos resultados observados em DC, MSPA, CBMS, QCO₂ e K. Também de acordo com os dados da análise de variância apresentados na tabela 2, pode-se observar que o NE, CMR, N e P apresentaram diferença significativa ($P \leq 0,05$) para todas as

fontes de variação estudadas (doses de P, substratos e interação entre as doses de P e os substratos).

A altura das mudas de sabiá não foi influenciada pelos diferentes substratos em que foram cultivadas. Conforme Silva; Aguiar e Figliolia (2008) trata-se de uma planta pouco exigente em fertilidade do solo, portanto os nutrientes presentes nos substratos foram suficientes para proporcionar um crescimento uniforme das plantas. A ausência de resposta para a ALT das plantas de sabiá em diferentes substratos também foi encontrada por Pinto et al. (2011), quando avaliaram diferentes tipos de substratos no desenvolvimento inicial de *Mimosa caesalpiniaefolia*, e não obtiveram efeito significativo para a variável altura da planta. No entanto, Oliveira; Silva e Araújo Neto (2012) constataram efeito positivo da inoculação do FMA, *Glomusetunicatum*, em solo autoclavado, na variável altura de mudas de sabiá, se comparado as plantas cultivadas em solo autoclavado ou solo em condição natural, em ambos os substratos, sem inoculação de FMA.

A MSPA e DC apresentaram efeito significativo ($P \leq 0,05$), apenas, para os substratos, assim os tratamentos SNM e SND produziram os maiores valores de MSPA e DC, se comparado ao solo natural (SN). Provavelmente, o maior aporte nutricional do substrato SNM através do material orgânico acrescentado, como também a autoclavagem de 50% do substrato SND causou maior disponibilização de nutrientes para as plantas desses substratos. Resultado semelhante ao encontrado por Alencar (2008) ao estudarem o crescimento de mudas de sabiá em Latossolo degradado e adubadas com fertilizante orgânico ou mineral.

Na tabela 3 encontram-se os valores médios do número de esporos de FMA (NE) e da colonização micorrízica radicular (CMR). As maiores quantidades de NE(29,54 esporos por 100 g de substrato) foram encontradas no substrato solo natural (SN), na dose de 150 mg de P, sendo que, a partir dessa dose observou-se redução do NE, devido, provavelmente, ao aumento da disponibilidade de P no substrato(Tabela 3). Esse fato já foi bastante relatado na literatura em pesquisas envolvendo adubação fosfatada ou fertilidade do solo e colonização micorrízica em diversas espécies vegetais (SOKA; RITCHIE; MAYEMBA, 2015; CARNEIRO et al., 2010).

No entanto, a diminuição do número de esporos de FMA com o aumento de doses de fósforo no solo, nem sempre é observado, Moreira;Baretta e Cardoso (2012) não observaram variação na densidade de esporos em função de doses crescentes de P, em um solo cultivado com *Araucariaangustifolia*.

Tabela 3. Número de esporos de FMA e porcentagem de colonização micorrízica radicular em raízes de sabiá, segundo a interação FNR x Sub. Média de 3 repetições.

Sub \ FNR	Número de esporos de FMA por 100 g de solo					Colonização micorrízica radicular (valores transformados em $\arcsen \sqrt{\%}$)				
	0	75	150	300	600	0	75	150	300	600
SN	24,20 a	26,83a	29,54a	21,85a	24,07a	52,16 a	50,40b	34,59 a	38,01a	28,79 a
SND	19,32 b	19,07 b	21,72b	17,64b	22,57a	36,62b	42,89c	32,55a	30,57b	23,03 a
SNM	15,23 c	17,79b	17,40c	17,09b	16,25b	49,83a	61,01a	36,41 a	32,69b	26,76 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

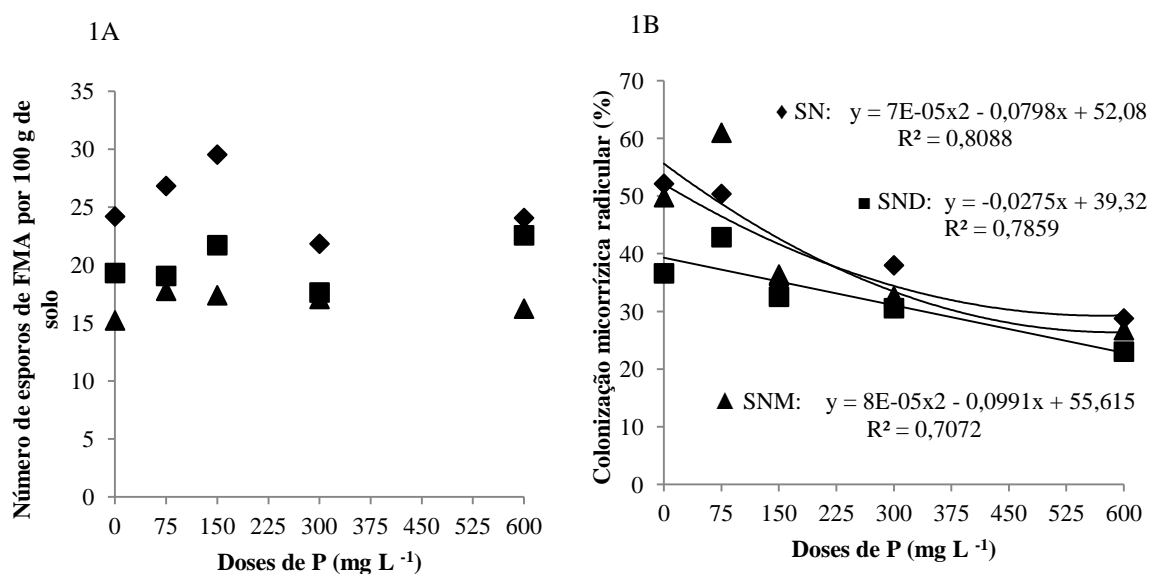
FNR – Doses de P (mg de P L⁻¹); Sub – Substratos; SN – solo natural; SND - solo natural diluído e SNM - solo natural com 25% de material orgânico.

Resultado oposto ao do substrato SN foi observado no solo natural com 25% de material orgânico (SNM), pois nesse tratamento a quantidade de esporos de FMA foi menor em relação aos demais. Esse resultado pode ser atribuído às condições nutricionais do substrato, uma vez que, a fertilidade do substrato SNM favoreceu o desenvolvimento do vegetal, assim menor é a dependência da planta por FMA, o que diminuiria a sua esporulação. Machineski; Balota e Souza(2011) encontraram resultados semelhantes em plantas de mamoneira associadas à FMA sob níveis crescente de fósforo, onde o aumento das doses de P ao solo, diminuiu o número de esporos.

Na colonização micorrízica radicular (CMR) os maiores percentuais de CMR foram observados no substrato SNM, na dose de 75 mg de P apresentando valores de 61,01%, seguido do substrato SN com 52,17% na dose 0 mg de P(Tabela 3). O substrato SND apresentou os menores percentuais médios de colonização micorrízica, percebendo-se assim, que a esterilização de 50% desse substrato causou a diminuição na simbiose, possivelmente, por haver menos estruturas viáveis de FMA.

Em relação a densidade de esporos de FMA de acordo com a análise de regressão não foi possível ajustar um modelo de equação para os dados referentes aos substratos SN; SND e SNM devido à variabilidade dos seus valores médios (Figura 1A).

Figura 1. Número de esporos de FMA (1A) (valores transformados em \sqrt{x}) e percentagem de colonização micorrízica radicular (1B) em plantas de sabiá (valores transformados em $\arcsen \sqrt{\%}$).



De acordo com a análise de regressão observou-se uma redução significativa nos percentuais de colonização micorrízica, principalmente no substrato SND, ajustando-se ao modelo de equação linear inversa (Figura 1B), diferentemente dos modelos quadráticos ajustados para os substratos SN e SNM.

De forma geral, foi observado em todos os tratamentos redução da colonização micorrízica em resposta ao aumento das doses de P nos substratos, sendo que doses superiores a 75 mg de P causaram diminuição da CMR (Tabela 3). A diminuição da percentagem de colonização micorrízica ocasionada pela adição de doses crescente de fósforo é considerada normal, visto que, uma planta no estado nutricional favorável não necessita da colonização micorrízica para a absorção do P da solução do solo (BALOTA;MACHINESKI; STENZEL, 2010). Johnson et al. (2016) confirmaram esse fato ao analisarem a colonização micorrízica radicular em feijão de corda, a qual apresentou uma correlação negativa com o nível de P no solo, sendo possível constatar o menor percentual de colonização micorrízica, no solo com maior teor de P.

Vale ressaltar que espécies micorrízicas que mantêm a colonização radicular em altos níveis de fósforo no solo, poderiam em determinadas condições, tornar-se uma associação parasita, prejudicando o desenvolvimento de vegetal. Carneiro et al. (2010) também

encontraram redução na colonização micorrízica em plantas de estilosantes sob doses crescente de adubação fosfatada, observando menor colonização micorrízica na maior dose de P adicionado ao solo.

Em relação a respiração basal do solo (RBS), apesar da ausência de efeito significativo ($P \leq 0,05$) para as fontes de variação estudadas, observou-se que essa variável seguiu um comportamento semelhante ao do carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) (Tabela 4), sendo maior no substrato SNM, resultante do maior aporte de material orgânico do substrato, que pode ter ocasionado uma liberação de CO_2 maior em relação aos demais tratamentos.

Resultados semelhantes foram observados por Barroso et al. (2012), que avaliando a respiração microbiana basal de um solo cultivado com milho sob adubação mineral (NPK) e orgânica (torta de mamona), verificaram ausência de efeito nos tratamentos. Alcântara et al. (2007) também encontraram resultados similares ao analisarem a respirometria basal do solo em sistemas de cultivos orgânicos com abacaxi, feijão, consórcio milho/feijão, araruta utilizando mata nativa como controle.

Tabela 4. Médias dos tratamentos para respiração basal do solo (RBS) ($\text{mgC-CO}_2\text{kg}^{-1}\text{solo h}^{-1}$) e carbono da biomassa microbiana do solo (CBMS) ($\text{mg C kg}^{-1}\text{solo}$).

Fonte de Variação	Testes F	
	RBS	CBMS
SN	1,79 a	1240,02 b
SND	1,57 a	1211,86 b
SNM	1,87 a	1675,04 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). SN – solo natural; SND - solo natural diluído e SNM - solo natural com 25% de material orgânico.

No CBMS verificou-se efeito significativo ($P \leq 0,05$) somente para os substratos, onde o SNM foi o que produziu maior média de carbono ($1675,04 \text{ mgC kg}^{-1}\text{solo}$) (Tabela 4). O maior valor de CBMS no substrato SNM é reflexo de uma situação particular para os micro-

organismos do solo nesse tratamento, estimulada pelo fornecimento de 25% de material orgânico durante a formulação do substrato, o que favoreceu o crescimento da população microbiana do solo e conseqüentemente uma liberação de CO₂ favorável nesse substrato de 1,87mgC-CO₂kg⁻¹solo h⁻¹.

Esse resultado é similar aos dados obtidos por Padilha et al. (2014) que ao avaliarem a adição de subproduto orgânico do café na atividade microbiológica de dois solos, constataram aumentos nos valores de CBMS nos solos utilizados no experimento.

O quociente metabólico do solo (qCO₂) apresentou diferença significativa ($P \leq 0,05$) para as doses de P e para a interação dessas com os substratos (Tabela 5). No substrato SND foi observado maior valor de qCO₂médio (2,08) na dose de 300 mg de P L⁻¹, porém, não se enquadrou num modelo matemático adequado para explicar o comportamento das fontes de variação avaliadas, devido a elevada oscilação nos valores. Provavelmente a esterilização de 50% da biota desse substrato causou desequilíbrio na sua população microbiana, fazendo com que houvesse maior estresse e menor incorporação de carbono.

Tabela5. Comparação de médias do quociente metabólico do solo (qCO₂) em substratos cultivados com plantas de sabiá, segundo a interação FNR x Sub.

Sub	FNR	0	75	150	300	600
	SN		1,62 a	1,42 a	1,36 a	1,06 b
SND		1,79 a	0,69 a	0,99 a	2,08 a	0,97 b
SNM		1,60 a	1,07 a	0,83 1	1,21 a	0,94 b

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$). FNR – Doses de P (mg de P L⁻¹); Sub – Substratos; SN – solo natural; SND - solo natural diluído e SNM - solo natural com 25% de material orgânico.

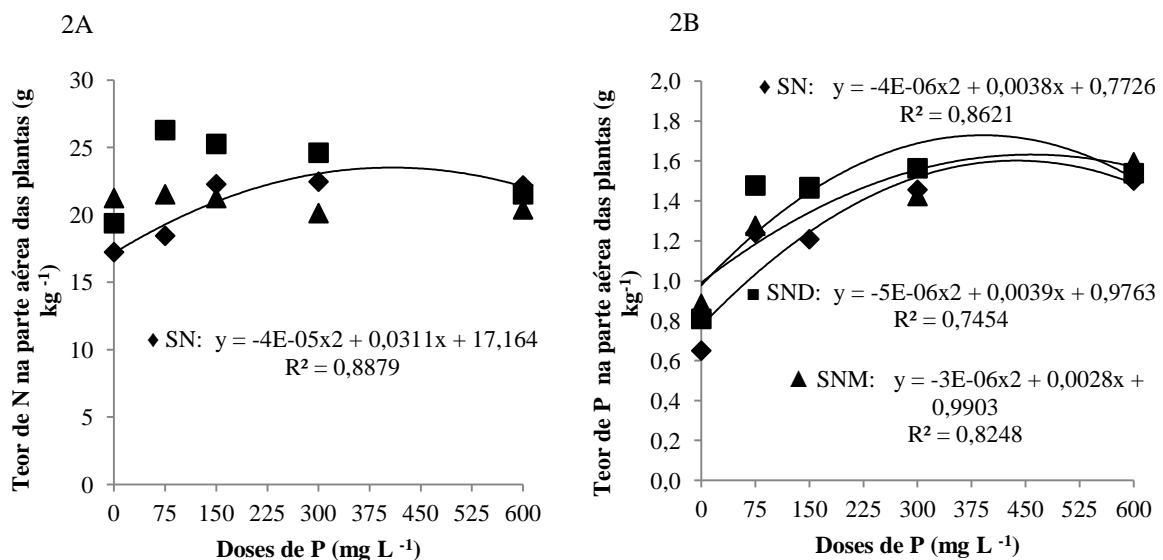
Os substratos SN e SNM não apresentaram valores significativos ($P \leq 0,05$) para as doses de P (tabela 5), demonstrando maior equilíbrio e favorecendo uma maior incorporação de carbono à biomassa microbiana do solo. Pois quanto mais baixo o valor do qCO₂, mais próximo ao estado de equilíbrio estará o solo ou substrato, devido à maior eficiência da biomassa microbiana em incorporar carbono. Conforme observado por Sousa et al.(2014),

valores altos de qCO_2 podem indicar comunidades microbianas em condição de estresse fisiológico, enquanto valores baixos, indicariam ausência de estresse.

O teor de nitrogênio (N) na parte aérea das plantas de sabiá foi estatisticamente significativo ($P \leq 0,05$) para as doses de P, os substratos e a interação entre as doses de P e os substratos. De acordo com a análise de regressão o substrato SN enquadrou-se numa equação matemática quadrática com ponto de máxima na dose de 300 mg de P, com um valor médio de $22,45 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 2A). Contudo, foi o substrato SND que proporcionou maior acúmulo de N na parte aérea das plantas ($26,28 \text{ g kg}^{-1}$ na dose 75 mg de P) (Figura 2A), mas devido grande variação dos seus valores médios, a sua equação matemática não se ajustou ao modelo matemático (Figura 2A). O substrato SNM não apresentou diferença estatística ($P \leq 0,05$) (Figura 2A), isso pode ser um indicativo de que houve imobilização de nitrogênio por parte da microbiota do solo em função da relação C/N do material orgânico usado nesse substrato.

Mendes et al. (2013) não observou efeito significativo da inoculação de FMA com as espécies *Gigasporamargarita* ou *Glomusclarum*, em mudas de sabiá, se comparadas as não inoculadas, para o conteúdo de N na parte aérea das plantas.

Figura2. Teor de nitrogênio (N) (2A) e de fósforo (P)(2B) na parte aérea das plantas de sabiá.



O teor de fósforo (P) na parte aérea das plantas foi estatisticamente significativo ($P \leq 0,05$) para as doses de P, para os substratos e para a interação das doses de P com os substratos. De acordo com a análise de regressão as doses crescentes de P aplicadas aos

substratos proporcionaram um incremento no conteúdo de P na parte aérea das plantas de sabiá, de modo que, as equações ajustaram-se a um modelo quadrático(Figura 2B). O substrato SN apresentou ponto máximo no teor de P na parte aérea das mudas de sabiá (1,50 g kg⁻¹) na dose de 600 mg de P, enquanto que o SND atingiu ponto máximo (1,56 g kg⁻¹) na dose de 300 mg de P e o substrato SNM chegou ao ponto máximo (1,59 g kg⁻¹) na dose 600 mg de P.É provável que o material orgânico presente no substrato SNM pode ter proporcionado discreto favorecimento no aporte de P as mudas cultivadas nesse substrato.

Dados similares foram obtidos por Gonçalves et al. (2013) estudando o efeito da aplicação de doses crescentes de macronutrientes no crescimento de mudas de sabiá, verificaram aumento no teor de P da parte aérea das mudas à medida que a disponibilidade desses nutrientes aumentava no solo. Mendes et al. (2013) avaliaram a inoculação dos FMA, *Gigasporamargarita* ou *Glomusclarum*, isoladamente ou em conjunto, no crescimento de mudas de sabiá e para o conteúdo de P na parte aérea, constataram que a inoculação isolada de *G. margarita* proporcionou maior conteúdo de P na parte aérea das mudas. Isso é um indicativo de que o sabiá, bem como outras espécies vegetais, pode se beneficiar de forma diferenciada das diversas combinações de inoculação que poderá ocorrer entre espécies de fungos micorrízicos e planta hospedeira.

O teor de potássio (K) presente na parte aérea das mudas de sabiá apresentou diferença estatística significativa ($P \leq 0,05$) para as doses de P e para os substratos, isoladamente (Tabela 2). Dentre os substratos, o SNM proporcionou o maior teor de K (13,76 g kg⁻¹) na parte aérea das plantas e dentre as doses de P, a dose de 600 mg de P apresentou teor de K (15,16 g kg⁻¹) na parte aérea do sabiá.

CONCLUSÕES

A altura das plantas de sabiá não sofreu influência dos tratamentos, porém o diâmetro do colo e a massa seca da parte aérea apresentaram resultados satisfatórios no substrato SNM, mas não foram influenciadas pelas doses de P;

O carbono da biomassa microbiana foi alterado pelo acréscimo de material orgânico no solo, não sendo observado efeito sobre a respiração basal;

O uso da adubação fosfatada em doses crescentes interfere na colonização micorrízicaradicular em mudas de sabiá.

REFERÊNCIAS

- ALCANTARA, R. M. C. M.; ARAÚJO, A. M. S.; HAIM, P. G. et al. Avaliação da biomassa microbiana do solo em sistemas orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 1-4, 2007.
- ALENCAR, F. H. Crescimento inicial de plantas de sábia em latossolo degradado do cariri cearense sob efeito de esterco e fertilizantes químicos. **Revista Verde**, v. 3, n. 3, p. 1-5, 2008.
- 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.
- BARROSO, G. S. P.; SANTOS, T. M. C. dos; MONTALDO, Y. C. et al. Respiração microbiana do solo cultivado com milho sobre dois sistemas de adubação no município de Rio Largo, Alagoas. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p. 8-10, 2012.
- CARNEIRO, R. F. V.; MARTINS, M. A.; VÁSQUEZ, H.M. et al. Doses de fósforo e inoculação micorrízica no cultivo de estilosantes em solo sob condições naturais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 415-426, 2010.
- CARVALHO, P. E. R. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*)**. Colombo: Embrapa Floresta, 2007. 10 p. (Circular Técnica 135).
- CIPRIANI, H. N. Arsenic toxicity in *Acacia mangium* Willd. and *Mimosacaesalpiniaefolia* Benth. Seedlings. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 37, p. 1423-1430, 2013.
- DIAS, L. P. R.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, 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.
- EHRHARDT-BROCARD, N. C. M.; STOCCO, P.; TRAMONTIN, A. L. et al. Diversidade cultural, morfológica e genética de diazotróficos isolados de nódulos de bracinga. **Revista Árvore**, v.39, n.5, p.923-933, 2015.
- 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.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- GERDEMANN, J. W.; NICHOLSON, 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.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **NewPhytologist**, v.84, n.3, p.489-500, 1980.

GONÇALVES, E. de O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. de L. et al. Nutrição de mudas de *Mimosacaesalpiniaefolia* Benth. sob diferentes doses de N, P, K, Ca e Mg. **CiênciaFlorestal**, v. 23, n. 2, p. 273-286, 2013.

JOHNSON, J. M.; HOUNGNANDAN, P.; KANE, A. et al. Colonization and molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with the rhizosphere of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in Benin (West Africa): an exploratory study. **Annals of Microbiology**, v. 66, n. 1, p. 207-221, 2016.

LEAL, J. V.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. de L. A. et al. Épocas de colheita e tratamentos pré-germinativos para superação da dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **RevistaÁrvore**, v. 32, n. 02, p. 203-210, 2008.

LOPES, E. C. P.; MORAES, A. de; LANG, C. R. Estudo do fracionamento isotópico de nitrogênio aplicado à gramíneas e leguminosas forrageiras. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 9, n. 1, p. 121-130, 2016.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed., v. 1, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2008. 384 p.

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, suplemento 1, p. 1855-1862, 2011.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, 2012. 413p.

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.

MENDES, M. M. C.; CHAVES, L. de F. de C.; PONTES NETO, T. P. et al. Crescimento e sobrevivência de mudas de sabiá (*Mimosacaesalpiniaefolia* Benth.) inoculadas com micro-organismos simbiotes em condições de campo. **CiênciaFlorestal**, v. 23, n. 2, p. 309-320, 2013.

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

OLIVEIRA, A. P.; GONDIM, P. C.; SILVA, O. P. R. da 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.

OLIVEIRA, J. J. F.; SILVA, B. B.; ARAUJO NETO, A. C. Crescimento inicial de mudas micorrizadas de sabiá (*Mimosacaesalpiniaefolia* Benth.) sob doses de fósforo. **ScientiaPlenav**. 8, n. 4, p. 1-5, 2012.

PADILHA, K. de M.; FREIRE, M. B. G. dos S.; DUDA, G. P. et al. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1377-1386, 2014.

PASSOS, M. A.; TAVARES, K. M. P.; ALVES, A. R. Germinação de sementes de sabiá (*Mimosacaesalpinifolia* Benth.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 1, p. 51-56, 2007.

PINTO, J. R. de S.; SILVA, M. L.; NOGUEIRA, D. T. S. et al. Diferentes tipos de substratos no desenvolvimento inicial de *Mimosacaesalpinifolia* Benth. **Revista Verde**, v.6, n. 3, p. 180-185, 2011.

SILVA, A. da; AGUIAR, I. B. de; FIGLIOLIA, M. B. Germinação de sementes de *Mimosacaesalpinifolia* Benth. (sansão-do-campo) sob diferentes condições de temperatura, luz e umidade. **Revista do Instituto Florestal**, v. 20, n. 2, p. 139-146, 2008.

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007a. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 99).

SILVA, E. E. da; AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação do carbono da biomassamicrobiana do solo (BMS-C)**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007b. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 96).

SILVA, M. B. R.; VIÉGAS, R. A.; DANTAS NETO, J. et al. Estresse salino em plantas da espécie florestal sabiá. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 10, n. 30, p. 120 – 127, 2009.

SOKA, G. E.; RITCHIE, M. E.; MAYEMBA, E. P. Influence of current land use and edaphic factors on arbuscular mycorrhizal (AM) hyphal abundance and soil organic matter in and near Serengeti National Park. **Journal of Ecology and the Natural Environment**, v. 7, n. 5, p. 158-169, 2015.

SOUSA, F. A.; SILVA, E. de B.; CAMPOS, A. T. 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.

SOUZA, F. A.; GOMES, E. A.; VASCONCELOS, M. J. V. de et al. **Micorrizas Arbusculares: Perspectivas para Aumento da Eficiência de Aquisição de Fósforo (P) em Poaceae – Gramíneas**. Sete Alagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 30 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 134).

STOFFEL, S. C. G.; ARMAS, R. D. de; GIACHINI, A. D. et al. Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosas arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. **Revista Cerne**, v. 22, n. 2, p. 181-188, 2016.

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

ZHAO, R.; GUO, W.; BI, N. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize (*Zeamays* L.) grown in two types of coal mine spoils under drought stress. **Applied Soil Ecology**, v. 88, p. 41–49, 2015.