

SANDRA PATRICIA MONTEALEGRE AMEZQUITA

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Acacia mangium* Willd. EM RESPOSTA A
NITROGÊNIO, FÓSFORO E MICORRIZA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011**

SANDRA PATRICIA MONTEALEGRE AMEZQUITA

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Acacia mangium* Willd. EM RESPOSTA A
NITROGÊNIO, FÓSFORO E MICORRIZA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa, como
parte das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal,
para obtenção do título de *Magister
Scientiae*.

APROVADA: 14 de junho de 2011.

Prof. Maria Catarina Megumi Kasuya
(Co-orientadora)

Prof. Hélio Garcia Leite
(Co-orientador)

Prof. Nairam Félix de Barros

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

“Deus, pode realizar muito mais do que pedimos ou imaginamos.....”

Efésios 3,20

A Deus,

Á minha mãe do céu “a Vigem Maria”.....

Á minha filha Maria Camila

Á minha mãe Luz Marina.....

Ao meu pai Antonio.....

Aos meus irmãos Luz Adriana e Leonardo ...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e pela oportunidade de realizar mais um sonho.

À minha mãe que fez todos os sacrifícios para me educar, pelo seu amor por sua ajuda para realizar meus sonhos, me animando, apoiando e pelo seu exemplo de vida.

À minha filha Maria Camila, pelo amor, pela companhia, por dar-me tantas alegrias.

A meu pai Antonio que sempre me animou e deu exemplo de otimismo e fortaleza.

Aos meus irmãos Adriana e Leonardo que sempre me deram o maior apoio e carinho.

À minha família quem sempre me animou, especialmente à Nisaura.

A Nivia, Jorge e Lisly, que me acolheram com carinho, e que foram uma família para mim e minha filha, me deram o maior apoio durante todos meus estudos.

Ao Enrique, por todo o apoio e motivação.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade de realização do curso e pela disponibilidade de todos os seus recursos.

Ao professor Haroldo Nogueira de Paiva, pela orientação, pelos ensinamentos, valiosos conselhos e a disponibilidade durante todo o tempo de orientação.

Aos meus co-orientadores, professores Maria Catarina Megumi Kasuya e Hélio Garcia Leite, pela disponibilidade e suporte para a realização deste trabalho.

Ao professor Nairam Félix de Barros, pelos valiosos ensinamentos, disponibilização do laboratório de solos florestais, pelas críticas e sugestões ao documento.

Ao professor Luiz Eduardo Dias, pelo sugestões ao trabalho.

Ao professor Sidney Sturmer da Fundação Universidade Regional de Blumenau/SC que fez a identificação dos esporos.

Aos funcionarios do departamento de Engenharia Florestal (DEF), em especial à Ritinha, Alfredo, Cida e Chiquinho que sempre tiveram a maior disponibilidade para ajudar-me.

Sandra e Franchesco, que deram o maior apoio durante todos meus estudos, e cuidaram carinhosamente da minha filha.

Ao Henrique pela amizade, grande apoio durante todo meu trabalho, pelas agradáveis conversas e ensinamentos.

À Evelin e Lucas, pela ajuda no trabalho, pela amizade e carinho.

Àos meus amigos do Semente, que sempre deram o maior apoio espiritual, com sua amizade e exemplo me fortalecendo nos momentos difíceis.

À Teresa, Cida, Ruben, e pessoal da Pastoral da Criança pelo exemplo de vida.

Ao meu querido amigo Fernando que sempre acreditou em mim.

Aos meus amigos, Andrea, Alex, Erlon, por sua amizade, carinho e apoio em meus estudos.

SUMARIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Micorrizas Arbusculares.....	3
2.2. Interação simbiótica dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e das bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN).....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. Preparo do substrato.....	8
3.2. Semeadura.....	9
3.3. Desenho experimental.....	10
3.4. Colheita.....	10
3.5. Avaliação da colonização.....	11
3.6. Determinação da matéria seca e análises nutricionais.....	11
3.7. Índices de qualidade.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1. Colonização Micorrízica.....	13
4.2. Altura da parte aérea(H), diâmetro do coleto (DC) e relação altura diâmetro do coleto (RHDC).....	17
4.3. Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (PMST).....	20
4.4. Relação matéria seca de parte aérea/matéria seca de raízes (RMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD).....	24
4.5. Nódulos totais (NT), Nódulos ativos (NA) e Matéria seca dos nódulos (MSN).....	26
4.6. Teor de nutrientes.....	29
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

RESUMO

MONTEALEGRE, AMÉZQUITA, Sandra. Patricia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. Junho de 2011. **Crescimento de mudas de *Acacia mangium* Willd. em resposta a nitrogênio, fósforo e micorriza.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Orientadores: Maria Catarina Megumi Kasuya e Hélio Garcia Leite.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar em casa de vegetação a interação entre doses de fósforo (P) e nitrogênio (N) na produção de mudas de *Acacia mangium* Willd., em presença ou ausência de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nativos. O substrato utilizado foi uma mistura de Latossolo Vermelho-Amarelo com areia em proporção 3:1. Utilizou-se um fatorial (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N; 0, 100, 200, 300 e 400 mg/dm³ de P, com e sem FMA) disposto em delineamento experimental de blocos ao acaso. As sementes foram tratadas para quebra de dormência e inoculadas com a estirpe de *Bradyrhizobium* BR 3609 + 6009. Cento e vinte dias após a semeadura foram avaliadas a altura (H), o diâmetro do coleto (DC), a matéria seca da parte aérea (MSPA), a matéria seca da raiz (MSR) e a matéria seca total (MST), a relação matéria seca de parte aérea/matéria seca de raiz (RMSPAR), o índice de qualidade de Dickson (IQD), a colonização micorrízica, a nodulação e os teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Cu e Zn) na matéria seca total. Verificou-se que a aplicação de fontes minerais de N e P favoreceram o crescimento e a qualidade das mudas de *A. mangium* na maioria das características avaliadas. As mudas inoculadas com FMA apresentaram baixa porcentagem de colonização micorrízica, sendo pouco eficiente o método de inoculação usado, o que limitou o efeito da aplicação de FMAs no crescimento e nutrição das mudas. Não obstante, os FMAs promoveram incrementos nas variáveis: MSR e no teor de N. A inoculação com rizóbio não foi eficiente, nem favorecida pela aplicação do FMA. A maior produção de biomassa nas mudas de *A. mangium* foi obtida com aplicação de 307,83 mg/dm³ de P e 181,59 mg/dm³ de N em mudas não inoculadas com FMA.

ABSTRACT

MONTEALEGRE, AMÉZQUITA, Sandra. Patricia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa. June, 2011. **Seedlings Growth of *Acacia mangium* Willd. in response at nitrogen, phosphorus and mycorrhiza.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisers: Maria Catarina Megumi Kasuya and Hélio Garcia Leite.

The present study aimed to assess the interaction between P and N rates in the greenhouse production of *Acacia mangium* Willd., seedlings in the presence or absence of native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). The substrate used consisted of a mixture of one quarter of sand and three quarters of Yellow Red Oxisol. The experiment was set in a 2 x 5 x 5 factorial scheme with three blocks, being two mycorrhizal treatments (with and without AMF), five N rates (0, 50, 100, 150 and 200 mg/dm³) and five P rates (0, 100, 200, 300 and 400 mg/dm³). The seeds had their dormancy broken prior to inoculation with *Bradyrhizobium* BR 3609 + 6009. The height (H), lap diameter (LD), shoot dry matter (SDM), root dry matter (RDM), total dry matter (TDM), SDM/RDM ratio (SRDMR), Dickson's quality index (DQI), mycorrhizal colonization, number and weight of nodules, and nutrient (N, P, K, Ca, Mg, Cu and Zn) content in the TDM were assessed on the 120th day after sowing. Results showed that mineral N and P fertilization improved the quality and the growth of the seedlings. The low effectiveness of the AMF inoculation hindered the expression of the effects of mycorrhiza on the growth and nutrition of the seedlings. Nevertheless, the AMF slightly improved RDM and N content. Rhizobium inoculation was also ineffective and was not influenced by AMF inoculation. The highest dry matter yield was obtained with the application of 307,83 mg/dm³ N and 181,59 mg/dm³ P with no AMF inoculation.

1. INTRODUÇÃO

Acacia mangium Willd. é uma leguminosa arbórea de rápido crescimento originária do noroeste da Austrália e sudoeste da Ásia (Ghosh e Verma, 2006). É utilizada na produção de celulose e papel, madeira para serraria, lenha e carvão vegetal em países de clima tropical úmido e subúmido constituindo-se um dos plantios florestais mais importantes na Malásia e na Indonésia (Duponnois e Bâ, 1999). É uma espécie que apresenta características como boa rusticidade, rápido crescimento, elevada produção de biomassa (Colonna et al., 1991), aporta quantidades expressivas de nutrientes ao solo via serapilheira (Andrade et al., 2000) e tolerante a pH abaixo de 3,8 e elevados níveis de ferro e alumínio (Duguma et al., 1994). A espécie tem sido bastante utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas em diversos países, inclusive no Brasil (Franco e Faria, 1997).

O rápido crescimento da *A. mangium* em solos pobres tem sido atribuído à presença das associações simbióticas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e bactérias fixadoras de nitrogênio (Schiavo e Martins, 2003).

A simbiose com os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) é uma interação mútua e benéfica que ocorre entre a maioria das plantas terrestres, incluindo a maioria das mono e dicotiledôneas e os fungos do filo Glomeromycota (Schüssler et al., 2001). A colonização das raízes por esses fungos e os benefícios da simbiose resultam em inúmeras melhorias do estado nutricional da planta hospedeira, onde a planta fornece fotossintatos ao fungo, e este, por meio da extensão e ramificação do seu micélio aumenta a área de absorção das plantas (Silva et al., 2009). Estes fungos contribuem para a sobrevivência e crescimento das plantas principalmente em ambientes desfavoráveis (Siqueira e Saggin-Junior, 2001).

As espécies de acácia são particularmente dependentes das micorrizas para absorver nutrientes minerais requeridos para seu crescimento e fixação de

N₂ (Faye et al., 2009). Habte (2000), categorizou a *A. mangium* como uma cultura altamente dependente de micorriza para ter um bom crescimento, e como demonstrado em diversos estudos com a espécie a inoculação controlada com FMAs pode melhorar a performance dessas espécies (Duponnois e Plenchette, 2003).

Algumas das áreas destinadas para estabelecimento de plantios da *A. mangium* apresentam solos de baixa fertilidade e ausência de micorrízicos compatíveis e eficientes para a espécie (Aggangan et al., 2009).

A pesar dos múltiplos benefícios da simbiose com os FMAs, a inoculação não é uma prática comum nos viveiros (Aggangan et al., 2009).

Tem-se observado que as inter-relações com estes microorganismos são complexas e ainda estão longe de serem compreendidas. Embora existam resultados significativos na literatura avaliando as relações simbióticas da *A. mangium* com os FMAs e o rizóbio, alguns incluindo a combinação com os macro nutrientes fósforo e nitrogênio (Caldeira et. al., 1997; Schiavo e Martins, 2003; Satter et al., 2006), ainda é preciso compreender mais as inter-relações planta-adubação-FMA-rizóbio e ajustar as doses dos fertilizantes a serem usados no viveiro favorecendo essas associações e incrementando os benefícios para o desenvolvimento das mudas em campo.

Neste sentido este estudo pretendeu avaliar a efetividade dos FMAs nativos em promover o crescimento das mudas de *A. mangium* e as interações com os nutrientes nitrogênio e fósforo procurando uma combinação que estimule o desenvolvimento desta simbiose.

2. REVISAO DE LITERATURA

2.1. Micorrizas arbusculares

As micorrizas são associações simbióticas não patogênicas entre fungos do solo e raízes de plantas. Estas associações variam amplamente, em estrutura e função, sendo a micorriza arbuscular (AM) a mais comum na natureza (Goltapeh et al., 2008). A maioria das raízes são colonizadas pelos fungos micorrízicos e sua presença geralmente estimula o crescimento da planta (Artursson et al., 2006). É estimado que mais do 80% das plantas terrestres formam este tipo de associação (Harrison, 2005; Souza et al., 2006).

A íntima interação entre os simbioss é baseado em um intercâmbio bidirecional de nutrientes que, é benéfico para ambos organismos: os fungos provêem a planta de nutrientes minerais do solo, principalmente fosfato, em troca de carboidratos (Karandashov e Bucher, 2005).

O desenvolvimento deste tipo de simbiose requer alterações morfofisiológicas significativas nas células da planta e do fungo que, provavelmente, são coordenadas por meio de troca recíproca de sinais (Liu et al., 2003).

Experimentos recentes têm mostrado que a efetividade do fungo como simbiote, e a resposta da planta em relação a seu crescimento e absorção de fósforo, varia significativamente entre diferentes associações de FMAs, sendo que as espécies vegetais exibem diferentes graus de dependência micorrízica (Siqueira e Saggin-Júnior, 2001). Algumas são altamente dependentes, de modo que o efeito benéfico do FMA é observado mesmo em níveis elevados de P no solo (Jesus et al., 2005).

A formação da associação inicia-se a partir da interface formada entre os propágulos do fungo no solo, que podem ser esporos, células auxiliares e hifas que crescem de raízes colonizadas, a chamada infecção secundária (Souza et

al., 2006). Uma vez estabelecido o contato entre os simbioses, o fungo forma um apressório na superfície da raiz, pelo qual penetra dentro das células radiculares, crescendo nos espaços intra e extra-celulares (Harrison, 2005), onde formam-se pequenas estruturas densamente ramificadas, com aspecto de minúsculas árvores denominadas arbuscúlos ou formando dilatações denominadas vesículas (Souza et al., 2006). As vesículas são estruturas que contêm grânulos de glicogênio e lipídios, sendo consideradas estruturas de estocagem dos fungos que podem ser formadas dentro ou fora das células do córtex, entanto os arbuscúlos são as estruturas características da ramificação de hifas intracelulares e são responsáveis pela troca de nutrientes entre os simbioses (Siqueira et al., 2002).

As hifas intra e extra-radiculares são importantes como propágulos para iniciar nova colonização, para gerar novos esporos, para aquisição de nutrientes e ainda podem favorecer a agregação do solo (Siqueira et al., 2002).

O desenvolvimento e o espalhamento deste micélio na rizosfera são determinados pelo fungo, condições ambientais e idade da planta ou da simbiose, sendo de grande importância para o funcionamento da associação, além de representar uma extensão do órgão de absorção das plantas (Souza et al., 2006).

A melhora da nutrição fosfatada nas plantas tem sido reconhecida como um dos maiores benefícios das micorrizas (Nogueira e Cardoso, 2007). A compatibilidade funcional entre os simbioses e níveis de P adicionado ao substrato regula entre outras a eficiência da associação, controlando parâmetros cinéticos de absorção e influxo de P para as plantas (Silveira, 1990; Silveira e Cardoso, 2004).

O processo de absorção de P é similar na hifa micorrízica e na raiz, e depende da extensão da hifa externa, bem como do requerimento de P pela planta hospedeira. O fosfato é absorvido pelas hifas micorrízicas e estocado nos tecidos do fungo como grânulos de polifosfatos inorgânicos, sendo remobilizados quando a absorção de P do solo for insuficiente para o crescimento da planta (Grove et al., 1996).

Os benefícios da simbiose para o hospedeiro resultam da melhoria no estado nutricional da planta, melhor utilização e conservação de nutrientes no sistema, redução de perdas por estresses de natureza biótica (pragas e

doenças) ou abiótica (desbalanço nutricional, déficit hídrico) e modificações fisiológicas e bioquímicas, como maior taxa fotossintética e produção de raízes (Pinochet et al., 1998).

Atribui-se a promoção do aumento no crescimento da planta à grande capacidade de absorção de nutrientes do solo, principalmente daqueles que movimentam-se por difusão, portanto de baixa mobilidade, como o fósforo, cobre e zinco. As hifas micorrízicas externas às raízes funcionam como extensão do sistema radicular aumentando sua capacidade em explorar maior volume de solo (Sanders e Tinker, 1991).

A ocorrência e distribuição dos FMAs, bem como a formação e o funcionamento da simbiose tem no pH um dos fatores que afetam essa associação, podendo inibir a germinação dos esporos e o crescimento de suas hifas. A ação do pH sobre os FMAs pode ocorrer pela alteração nas propriedades químicas do substrato atuando na solubilidade dos íons e pela ação direta na permeabilidade das membranas do fungo (Siqueira et al., 1986).

A prática da inoculação de mudas com espécies de FMAs selecionadas, além de favorecer o desenvolvimento destas, interfere na dinâmica do processo de sucessão da vegetação (Janos, 1996), facilitando a revegetação, especialmente em áreas com reduzido potencial do de FMA (Pouyú-Rojas e Siqueira, 2000).

2.2. Interação simbiótica dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) e das bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN)

O nitrogênio é um dos principais componentes das biomoléculas, fazendo parte da estrutura de ácidos nucléicos, aminoácidos, proteínas, etc, o que o torna, portanto, essencial à sobrevivência e crescimento dos organismos (Kim e Rees, 1994).

O nitrogênio atmosférico (N_2) é abundante na natureza, constituindo quase 80% do gás atmosférico (Hungria, 1994). Apesar da abundância de N_2 na atmosfera terrestre, os organismos que pertencem ao grupo dos eucariotos (plantas e animais) não conseguem utilizar este elemento diretamente. Apenas uma porção dos organismos do grupo dos procaríotos consegue converter ou

reduzir enzimaticamente o nitrogênio da atmosfera em amônia, a qual pode ser incorporada para o crescimento e manutenção das células (Marin et al., 2009).

Estes organismos são denominados diazotróficos e o mecanismo responsável pela incorporação de N à biomassa é chamado de fixação biológica de nitrogênio (Marin et al., 2009). Segundo Evans e Burris (1992) citado por Marin et al. (2009), caracterizam-se três grupos de bactérias fixadoras de nitrogênio ou diazotrofos: diazotrofos de vida livre, que fixam o nitrogênio para seu próprio uso; diazotrofos associativos, que contribuem para o crescimento da planta sem a formação de estruturas diferenciadas, não estabelecendo uma simbiose e os diazotrofos simbióticos, que estabelecem uma interação muito estreita entre o macro e microsimbionte, e em alguns casos, são formadas estruturas diferenciadas denominadas nódulos.

Bactérias fixadoras de nitrogênio do grupo simbiótico, são conhecidas por melhorar a biodisponibilidade de nitrogênio para as plantas; e esta capacidade pode ser maior quando as plantas são colonizadas pelos FMAs.

Os FMAs ao incrementar a absorção de P para a planta contribuem para uma maior nodulação da leguminosa pelo rizóbio; sendo que o P, é um dos fatores indispensáveis para que haja boa nodulação e fixação de N₂ (Cardoso et al., 2010).

A simbiose entre as leguminosas e *Rhizobium* é complexa e envolve uma série de interações entre a planta e a bactéria (O'Hara et al., 1988). Diversos fatores podem influir na eficiência da relação FMA-BFN, entre os quais estão: (1) genótipo da planta hospedeira; (2) idade da planta e sistema de plantio; (3) compatibilidade funcional entre FMA e BFN; (4) propriedades físicas e químicas do solo e (5) biota rizosférica (Carvalho e Moreira, 2008). Variações no crescimento das plantas entre espécies de *Rhizobium* e estirpes em resposta a baixos níveis de fósforo e na capacidade de armazenar e utilizar o fósforo também têm sido detectadas (Beck e Munns, 1984).

O N quando se encontra na forma mais comum, o nitrato, é extremadamente solúvel e móvel, sendo que em geral sua absorção não é muito influenciada pela micorriza, porém quando o N se encontra na forma de amônio (menos móvel do que o nitrato) é comum observar-se o aumento de sua absorção em plantas micorrizadas (George et al., 1992). Devido ao

pequeno diâmetro, as hifas penetram mais facilmente em material orgânico em decomposição, competindo melhor pelo N recentemente mineralizado (Hodge, 2003). Ao capturar compostos orgânicos nitrogenados simples, os FMAs fazem um atalho no ciclo do N (Hawkins et. al., 2000; Hodge et al., 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Microbiologia-Laboratório de Micorrizas da Universidade Federal de Viçosa, em Vicoso-MG, no período de junho a outubro de 2010.

3.1. Preparo do substrato

O substrato utilizado para a produção das mudas de *A. mangium* foi uma mistura de solo (Latosolo Vermelho-Amarelo retirado da camada abaixo de 20 cm) com areia em proporção 3:1. Amostra da mistura foi caracterizada química e fisicamente (Tabela 1). Para ser usada no experimento ela foi esterilizada em autoclave duas vezes a 121 °C (101,32 kPa (1,0 atm)) por uma hora em intervalo de 48 h.

Tabela 1 - Análise físico-química do substrato utilizado na produção das mudas de *Acacia mangium* Willd.

pH (H ₂ O)	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(T)	V	M	MO	P-rem
	-mg/dm ³ -		----- (cmol _c /dm ³) -----			-----		-----	----- % -----	-----	dag/kg	mg/L
5,22	1,5	16	0,69	0,16	0,2	1,2	0,89	2,09	42,6	18,3	1,01	25,6
Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila		Classe textural		E.U.		
-----		-----		-----		-----		-----		----- % -----		
38		12		7		43		Argilo-Arenosa		0,220		

pH - em água - relação 1:2,5.; SB- Soma de Bases Trocáveis; V – Índice de Saturação por bases; m – Saturação por alumínio MO – Mat. Org. = C.org x 1,724 – Método Walkley-Back P e K – extrator Mehlich 1 ; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - extrator: KCl 1 mol/L; P.rem – Fósforo remanescente H + Al – extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L– pH 7,0. T – Capacidade de troca catiônica (pH 7,0). E.U. - Equivalente de Umidade.

Como adubação básica, para todos os tratamentos, foi utilizado; K =100 mg/dm³; S = 40 mg/dm³, na forma de KCl e K₂SO₄, conforme sugerido por Passos (1994). Para os micronutrientes foram aplicadas as seguintes doses: B = 0,81 mg/dm³, Cu: 1,33 mg/dm³; Mo = 0,15 mg/dm³, Mn = 3,66 mg/dm³ e Zn = 4,0 mg/dm³ nas formas de H₃BO₃, CuSO₄, (NH₄)₆MO₇O₂₄, MnCl₂ e ZnCl₂, respectivamente (Alvarez et al., 2006).

O fósforo (P) usado foi na forma NaH₂PO₄ e aplicado em mistura ao substrato junto com a adubação básica antes da semeadura. O nitrogênio (N) foi aplicado na forma de NH₄NO₃, como solução em quatro porções iguais, aos 40, 55, 70 e 85 dias após a semeadura.

3.2. Semeadura

As sementes foram obtidas de um plantio comercial de *A. mangium* em Boa Vista – Roraima.

Para a quebra da dormência as sementes foram imersas em água fervente por 3 min, posteriormente retiradas da fonte de calor, e deixadas nessa mesma água por 12 h. As sementes tratadas foram inoculadas com a estirpe de *Bradyrhizobium* BR 3609 + 6009 selecionada e proveniente da Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia. Três sementes por vaso foram semeadas a uma profundidade de 0,5 cm.

Para a inoculação do fungo micorrízico, foram utilizados s nativos obtidos na área da fruticultura da UFV. A extração dos esporos dos Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) foi feita utilizando o método do peneiramento úmido, descrito por Gerdemann e Nicolson (1963). Os materiais retidos nas peneiras foram lavados em água corrente, coletando-os numa solução com água e logo centrifugados por 5 minutos a 2000 rpm. Em seguida foi feita uma segunda centrifugação do material em uma solução de sacarose a 60% por 1 min, a 2000 rpm, para finalmente recolher o sobrenadante e lavá-lo com água destilada retirando-se a sacarose.

Os esporos coletados foram submetidos a um protocolo de desinfestação superficial. Esta consistiu na imersão dos esporos numa solução de álcool 70%, seguida de imersão em hipoclorito de sódio 2,5% durante 2 minutos, passando por água destilada para retirada da solução desinfetante

excedente. Foi aplicada uma suspensão de 200 esporos aproximadamente, por vaso para os tratamentos com fungo micorrízico.

Aos 70 dias após a semeadura, foi feito desbaste, deixando-se uma planta por vaso. Em algumas das mudas suprimidas, foi avaliada a colonização micorrízica, e como não foram encontradas estruturas típicas no sistema radicular, procedeu-se a uma segunda inoculação.

Para a segunda inoculação os esporos foram desinfestados em estreptomicina (100 mg/L) por 10 min, repetindo-se este procedimento por três vezes, para depois serem lavados com água esterilizada, e imersos numa solução de cloramina (1%) por 5 min e lavados novamente com água esterilizada.

Para identificação dos esporos foram preparadas lâminas, e enviadas à Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), Santa Catarina onde foram encontradas cinco espécies do gênero *Glomus* (*G. diaphanum* e quatro espécies indefinidas), e três do gênero *Acaulospora* (*A. mellea*, *A. scrobiculata* Trappe e *Acaulospora* sp.).

3.3. Desenho experimental

Adotou-se esquema fatorial 5x5x2, correspondendo a 0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N; 0, 100, 200, 300 e 400 mg/dm³ de P, em presença e ausência de FMA, disposto em delineamento experimental de blocos ao acaso em com três repetições. A unidade experimental foi um vaso com capacidade de 1,5 dm³ de substrato, contendo uma muda.

3.4. Colheita

Aos 120 dias após a semeadura, foram medidos a altura e o diâmetro do coleto das mudas. O sistema radicular foi separado da parte aérea tendo-se o cuidado com as raízes mais finas, para a determinação da colonização micorrízica.

O sistema radicular foi lavado, os nódulos retirados, contados para determinação de: nódulos ativos (NA) e nódulos totais (NT), para o qual foram feitos cortes com estilete e observados em lupa. Os nódulos ativos foram

verificados pela presença de leghemoglobina, que é responsável pela coloração vermelha no interior do nódulo. Os nódulos que se encontraram em processo de formação e ainda não produzindo leghemoglobina foram considerados como não ativos. Posteriormente os nódulos foram secos em estufa para determinação da matéria seca (MSN).

3.5. Avaliação da colonização

Para avaliação da colonização micorrízica foi removido entre 0,5 a 1,0 g de raízes finas por muda, de acordo com a disponibilidade do material, sendo coletados segmentos de diferentes partes do sistema radicular.

Os segmentos de raiz foram diafanizados com KOH a 10 % durante uma noite, e no dia seguinte deixados em banho-maria a 90 °C por duas horas.

Posteriormente, o KOH foi removido e as raízes transferidas para uma solução de HCl a 1 % por 5 min, depois as mesmas foram transferidas para uma solução de azul de tripano para coloração de estruturas típicas (Phillips e Hayman, 1970, citado por Bundret et al., 1996).

A avaliação da colonização foi realizada sob estereomicroscópio, empregando-se o método de interseção em placa quadriculada (Giovannetti e Mosse, 1980).

3.6. Determinação da matéria seca e análises nutricionais

O material vegetal (parte aérea e raiz) foi acondicionado em sacos de papel e levados para estufa de ventilação forçada, a uma temperatura de aproximadamente 75°C, por 48 h, logo as amostras foram pesadas para determinação da matéria seca (Malavolta et al., 1989). Os teores de N, P, K, Ca, Mg, Cu e Zn foram determinados após as amostras serem secas e moídas.

Para determinação de N, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica, e nítrico-perclórica para os demais nutrientes. Os teores de N foram determinados pelo método de Kjeldahl, o teor de P por colorimetria, o teor de K por fotometria de chama e os teores de Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn por espectrofotometria de absorção atômica.

3.7. Índices de qualidade

Os índices de qualidade de mudas calculados foram: relação altura/diâmetro do coleto (RHDC), relação matéria seca de parte aérea/matéria seca de raiz (RMSPAR) e índice de qualidade de Dickson (IDQ), mediante a seguinte fórmula (Dickson et al., 1960, citado por Gomes et al., 2002).

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST (g)}}{\text{H (cm)/DC (mm) + MSPA (g)/MSR (g)}}$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, testes de significância e regressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Colonização Micorrízica

As mudas de *A. mangium* com 120 dias de idade e inoculadas com FMA, apresentaram baixa porcentagem de colonização micorrízica, com valores abaixo de 3% (Figura 1), em contraste com dados de outros autores que tiveram porcentagens entre 50- 60% (Schiavo e Martins, 2003; Ghosh e Verma, 2006; Satter et al., 2006).

Apesar da baixa colonização nas raízes das mudas de *A. mangium*, observou-se que estava numa fase inicial, foram encontradas raízes com estruturas fúngicas tais como: hifas intra e extra radiculares, esporos germinando e penetrando nas raízes, além de segmentos com abundante micélio externo (Figura 2), indicando que possivelmente esta colonização poderia aumentar com o passar do tempo.

Satter et al. (2006), avaliaram o crescimento de mudas de *A. mangium* em resposta a adubação fosfatada, e inoculadas com FMA encontrando efeito favorável no crescimento entre as plantas inoculadas em relação às não inoculadas, a partir de 135 dias de semeadas.

As doses 100 e 200 mg/dm³ de fósforo foram as que mais promoveram a colonização do FMA nas mudas de *A. mangium*, já nas doses de 300 e 400 mg/dm³ de P houve efeito depressivo, no entanto na dose 0 não houve colonização (Figura 1).

Moreira e Siqueira (2006), relacionaram algumas hipóteses sobre os mecanismos que regulam o efeito do P sobre a associação micorrízica: (1) em condições de altas concentrações de P no solo, as plantas apresentariam uma baixa atividade de fosfatases (enzimas produzidas nas raízes e pelos microorganismos solubilizadores de fosfato) nas raízes do hospedeiro (2) a disponibilidade de P influenciaria a permeabilidade da membrana das células

radiculares da planta hospedeira, podendo favorecer a biosíntese de fosfolípidos, estimulados pelo aumento da disponibilidade de P, dessa forma, ocorreria uma redução na quantidade de exsudatos na rizosfera, resultando em baixa germinação e crescimento micelial dos FMAs.

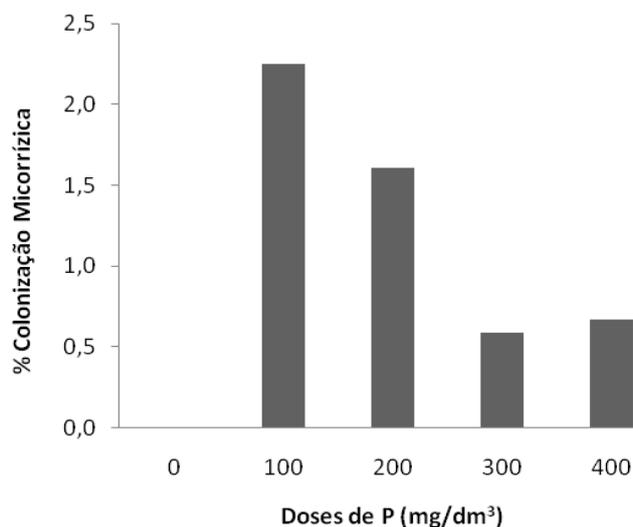


Figura 1 - Colonização micorrízica (%) em mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P, avaliada aos 120 dias após a semeadura.

Entre outras, a pequena colonização das mudas de *A. mangium* por FMA pode ter ocorrido pela baixa eficiência e/ou a incompatibilidade dos fungos usados no experimento. Algumas espécies de FMAs possuem maior capacidade de se estabelecerem e beneficiarem a planta hospedeira, em relação a outras não tão eficientes (Abbott e Robson, 1981). Saggin Júnior e Siqueira (1994), sugerem que tais diferenças são causadas pelo balanço entre o benefício nutricional, promovido pelo fungo à planta, e o dreno de fotoassimilados da planta para o fungo. Por outro lado a compatibilidade funcional entre os simbiontes e níveis de P adicionado ao substrato regula a eficiência da associação, controlando parâmetros cinéticos de absorção e influxo de P para as plantas (Silveira, 1990; Silveira e Cardoso, 2004). A percepção de sinais químicos compatíveis ao fungo micorrízico surgidos a partir das raízes de plantas hospedeiras promovem o direcionamento das hifas e a formação de apressórios, após isto, a penetração na célula da raiz pelo

fungo depende do genoma da planta hospedeira modulado por sua condição nutricional (Lambais e Mehdy, 1996).

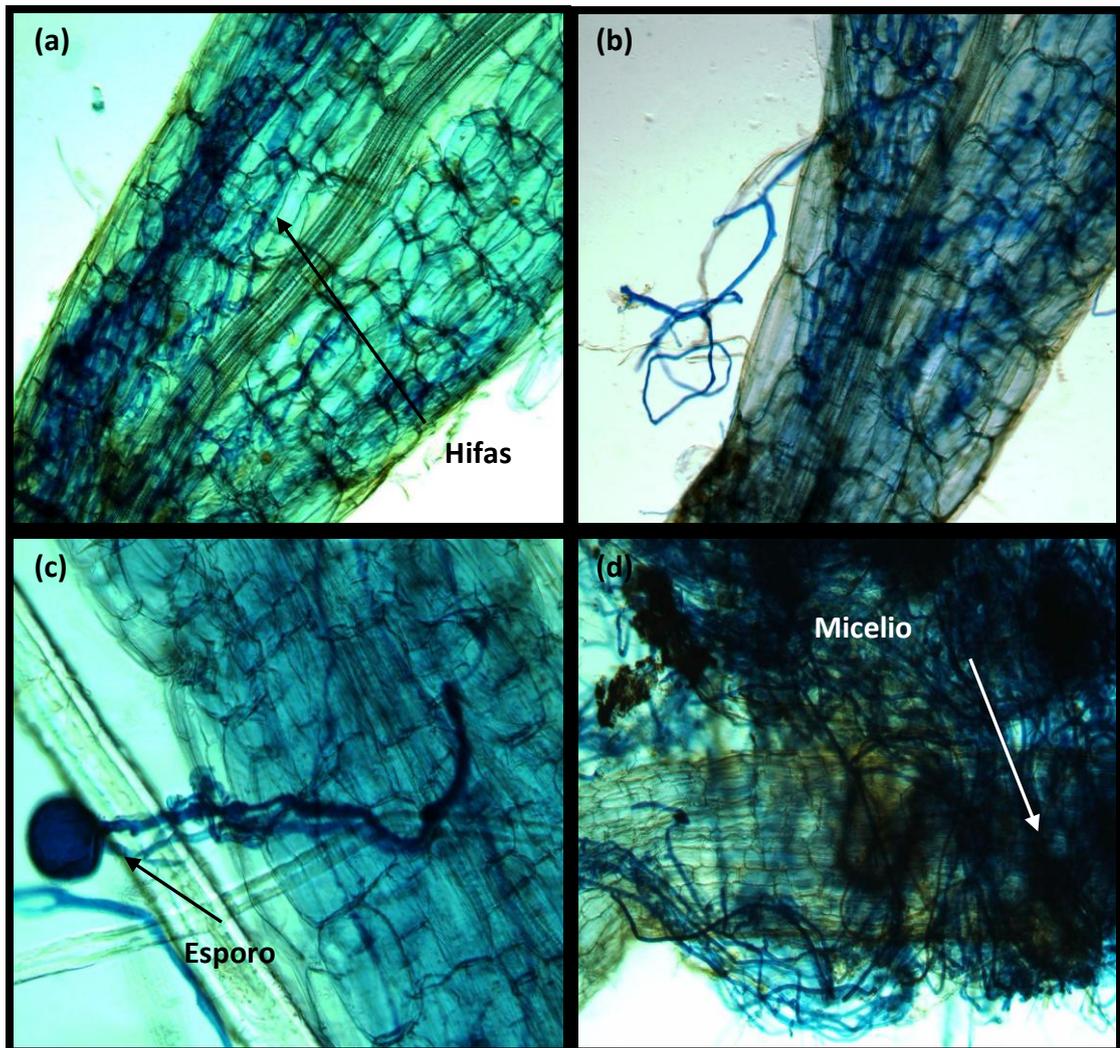


Figura 2 - Fotomicrografias de estruturas fúngicas, em raízes de mudas de *Acacia mangium* Willd. colonizadas com FMA. (a, b) Hifas intraradiculares; (c) esporo germinado, penetrando células radiculares; (d) micélio externo.

Considerando que não foi possível a identificação completa de todas as espécies de FMAs usadas no experimento, as que foram identificadas (*Glomus diaphanum*, *Acaulospora mellean* e *Acaulospora scrobiculata* Trappe), não tem sido relatadas como eficientes em promover a colonização de raízes de *A. mangium*, a baixa incidência do FMA pode ter acontecido pelo fato dos fungos usados, não serem os mais eficientes.

Resultados obtidos de estudos com *A. mangium*, mostraram respostas diferenciais de eficiência simbiótica e efeito no crescimento com diferentes FMAs. Na Ásia, *A. mangium* tem sido eficiente formando associação micorrizica com *Gigaspora gigantea*, *Scutellospora calospora*, *Glomus mosseae*, *G. intraradices*, *Glomus occultum*, *Glomus aggregatum*, *G. fasciculatum* e *G. etunicatum* (Ghosh e Verma, 2006; Satter et al., 2006; Aggangan et al., 2009). No Brasil estudos feitos por Schiavo e Martins (2003), mostraram efeitos positivos no crescimento das mudas usando: *Glomus macrocarpum*, *G. etunicatum* e *Entrophospora colombiana*.

Pouyú-Rojas e Siqueira (2000), avaliaram os efeitos da inoculação com os FMAs: *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita* e *Acaulospora scrobiculata*, durante a fase de formação das mudas e no ato do seu transplante em espécies nativas. Após 90 dias, tanto a inoculação na formação das mudas, quanto no transplante garantiu elevada colonização micorrizica (>70%), estimulando o crescimento das mudas.

Quanto ao tipo de tratamento aplicado na desinfestação dos esporos, o primeiro protocolo usado, pode ter afetado a viabilidade dos esporos. Reis et al. (1999), comparando diferentes métodos de desinfestação de esporos de FMA, observou que o uso de álcool 70%, acarretou uma rápida oxidação dos esporos, e que métodos utilizando hipoclorito de sódio (0,5% por 10 e 20 minutos) tendem a descolori-los e afetar a microflora endospórica.

Para este experimento foi usada uma maior concentração de hipoclorito de sódio (2,5%), além do álcool 70%, no entanto existe a possibilidade que este método, teve algum efeito adverso sobre o inóculo, diminuindo sua viabilidade reduzindo a colonização das raízes de *A. mangium*.

A baixa temperatura em que foi instalado o experimento e que permaneceu durante a primeira etapa de condução, não foi a mais conveniente para o pleno desenvolvimento dos processos fisiológicos da espécie, podendo afetar a germinação dos esporos e conseqüentemente a colonização pelo FMA. De acordo com Siqueira et al. (2002), os esporos germinam quando as condições de umidade, temperatura e pressão parcial de CO₂ são favoráveis.

4.2. Altura da parte aérea (H), diâmetro do coleto (DC) e relação altura – diâmetro do coleto (RHDC)

A altura da parte aérea (H), foi influenciada ($p \leq 0,05$) pelo N, P e sua interação (NxP), não havendo efeito do FMA, nem da interação deste com N e P (Tabela 2). A resposta foi quadrática e o ponto máximo da curva foi 20,95 cm para as doses 155,56 mg/dm³ de N e 278,04 mg/dm³ de P, a partir deste ponto o crescimento tendeu à diminuição (Figuras 3).

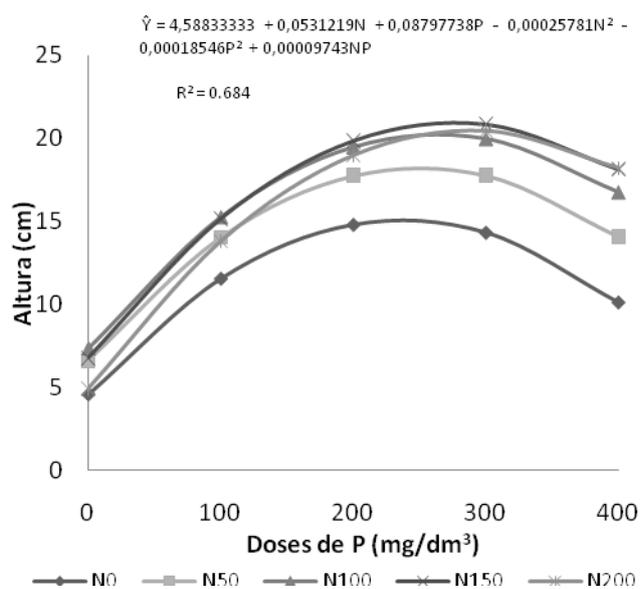


Figura 3 - Altura das mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P e N, avaliada aos 120 dias após a semeadura.

O DC foi influenciado ($p \leq 0,05$) pela aplicação de N, P e FMA, e pela interação NxP (Tabela 2). Os tratamentos sem FMA apresentaram média superior aos com FMA (3,2 mm e 3,05 mm, respectivamente). Na interação NxP, houve resposta quadrática onde o ponto de máximo obtido foi: 4,12 mm com as doses 255,3 mg/dm³ de P e 135,68 mg/dm³ de N (Figura 4).

Tabela 2 - Análise de variância da altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca total (MST); relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC); relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAR); índice de qualidade de Dickson (IQD); nódulos totais (NT); nódulos ativos (NA); Matéria seca dos nódulos (MSN) em mudas de *Acacia mangium* Willd., aos 120 dias após a semeadura.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO										
		H	DC	MSR	MSPA	MST	RHDC	RMSPAR	IQD	NT	NA	MSN
Bloco	2	74,79*	1,03*	0,01 ^{ns}	5,16*	4,2*	13,53*	17,39 ^{ns}	0,03 ^{ns}	48,12 ^{ns}	21,38 ^{ns}	0,000046 ^{ns}
FMA	1	8,19 ^{ns}	0,92*	0,05 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,01 ^{ns}	56,42 ^{ns}	14,72 ^{ns}	0,000086 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	128,19*	9,81*	1,33*	37,38*	53,82*	2,7 ^{ns}	13,87 ^{ns}	0,95*	96,95*	52,26*	0,000374*
Fósforo (P)	4	894,61*	54,46*	3,54*	49,48*	82,05*	44,61*	6,08 ^{ns}	0,91*	38,75 ^{ns}	12,61 ^{ns}	0,000116 ^{ns}
N x FMA	4	15,19 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,24*	0,57 ^{ns}	1,77 ^{ns}	3,18 ^{ns}	3,2 ^{ns}	0,01 ^{ns}	20,84 ^{ns}	6,76 ^{ns}	0,000179*
P x FMA	4	1,46 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,02 ^{ns}	15,47 ^{ns}	5,24 ^{ns}	0,000027 ^{ns}
P x N	16	16,81*	0,75*	0,11*	3,3*	4,11*	0,8 ^{ns}	6,85 ^{ns}	0,07*	22,14 ^{ns}	11,43 ^{ns}	0,000108*
P x N x FMA	16	8,20 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,15*	0,98 ^{ns}	1,64*	2,43 ^{ns}	8,93 ^{ns}	0,03*	32,31 ^{ns}	11,86 ^{ns}	0,000033 ^{ns}
Resíduo	98	7,86 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,7600	0,880	1,930	5,99	0,01	31,78	12,81	0,000053
CV%		41,99	45,30	77,86	69,33	75,01	34,68	70,41	89,45	333,50	358,55	323,72

*($p \leq 0,05$); ^{ns} ($p > 0,05$).

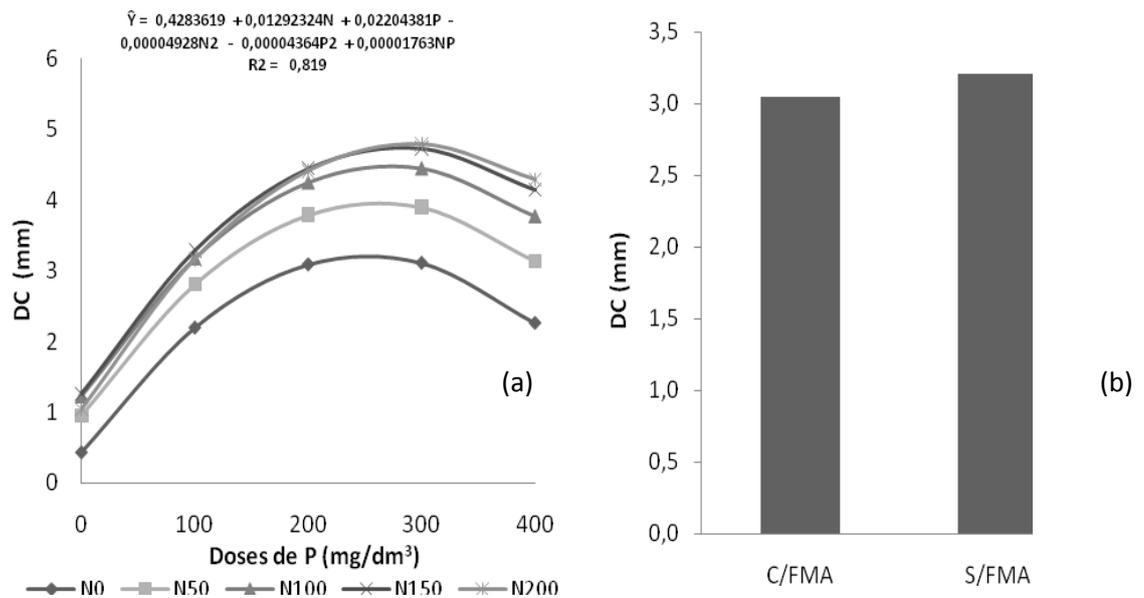


Figura 4 - Diâmetro do coleto (DC) de mudas de *Acacia mangium* Willd., avaliadas aos 120 dias após a semeadura. (a) em resposta a aplicação de P e N. (b) na ausência (S/FMA) ou presença (C/FMA) de fungo micorrízico arbuscular, avaliado aos 120 dias após a semeadura.

A não adição de P (tratamentos P0) foi limitante para o crescimento das mudas independente das doses de N testadas, indicando que um substrato com baixa disponibilidade de P como o usado no experimento (1,5 mg/dm³ pelo extrator Mehlich-1), é inadequado para atingir os requerimentos da espécie na fase de formação da muda, sendo que a maior altura na ausência de adubação fosfatada chegou a apenas 7,3 cm.

O P é o principal macronutriente em todos os organismos, e serve em múltiplas funções como elemento estrutural nos ácidos nucleicos, fosfolípidos, várias enzimas e coenzimas (Karandashov e Bucher, 2005). O P desempenha papel importante na fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular, dentre outros processos que ocorrem na planta (Dechen e Nachtigal, 2007).

Para a relação altura diâmetro do coleto (RHDC) houve efeito ($p \leq 0,05$) do P (Tabela 2), apresentando resposta quadrática com um ponto de mínimo de 4,16 com 288,53 mg/dm³ de P (Figura 5).

Carneiro (1983), citado por Cruz et al. (2004), indica que quanto menor for este valor, maior será a capacidade das mudas sobreviverem e se estabelecerem. O maior índice (7,07) foi quando não foi adicionado o fósforo indicando crescimento desequilibrado entre a parte aérea e a raiz (Figura 5).

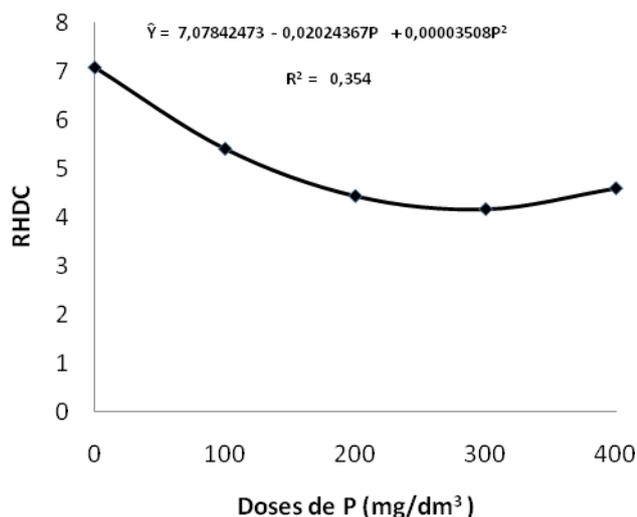


Figura 5 - Relação altura diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P, avaliado aos 120 dias após a semeadura.

A altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo, o valor resultante da relação entre a altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro do coleto exprime o equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos em apenas um índice (Carneiro, 1995).

4.3. Matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST)

As mudas de *A. mangium* responderam favoravelmente à aplicação das fontes minerais de N e P, as quais permitiram a maior produção de matéria seca, enquanto a incidência do FMA foi baixa.

A matéria seca da parte aérea (MSPA), apresentou efeito das doses de P e N aplicadas e da interação NxP (Tabela 2). A resposta foi quadrática, com um ponto de máximo em 4,64 g de matéria seca obtido com 358,61 mg/dm³ de P e 214,21 mg/dm³ de N (Figura 6).

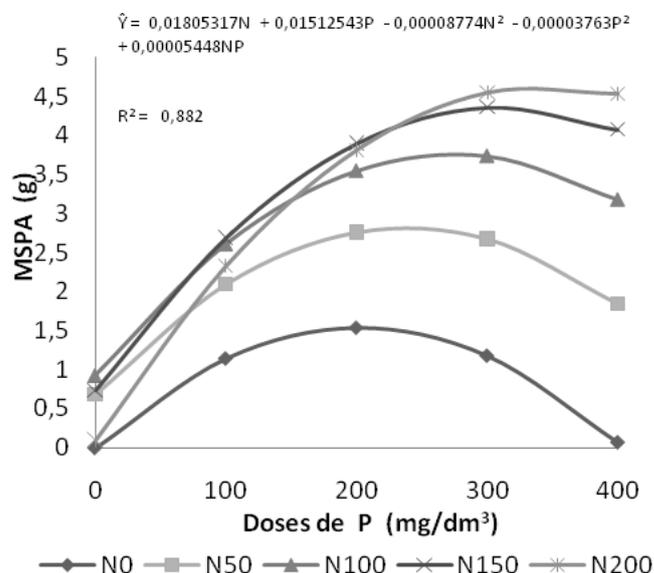


Figura 6 - Matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de *Acacia mangium* Willd. em resposta a aplicação de P e N, avaliada aos 120 dias após a semeadura.

A baixa colonização e conseqüentemente pouca influência do FMA na produção de MSPA, difere dos resultados obtidos em outros experimentos com a mesma espécie.

Em experimento com mudas de *A. mangium* produzidas em tubetes e blocos prensados confeccionados com substratos orgânicos (bagaço de cana + torta de filtro de usina açucareira) e vermiculita, usando os FMAs e rizóbio, as plantas acumularam maior quantidade de matéria seca na parte aérea usando inóculo de FMA + rizóbio com aumentos de 54,81% e 63,57 %, em relação ao tratamento controle de cada recipiente (Schiavo e Martins, 2003).

Para a característica MSR, houve efeito do N, P e da interação NxFMA, NxP e PxNxFMA (Tabela 2). Os tratamentos com inoculação de FMA, apresentaram resposta quadrática com ponto de máximo em 1,08 g de matéria seca obtido com aplicação de 297,67 mg/dm³ de P, e 147 mg/dm³ de N. Igualmente nos tratamentos sem FMA, o ponto de máximo foi 1,08 g, mas em doses menores: 265,28 mg/dm³ de P e 122,91 mg/dm³ de N (Figura 7).

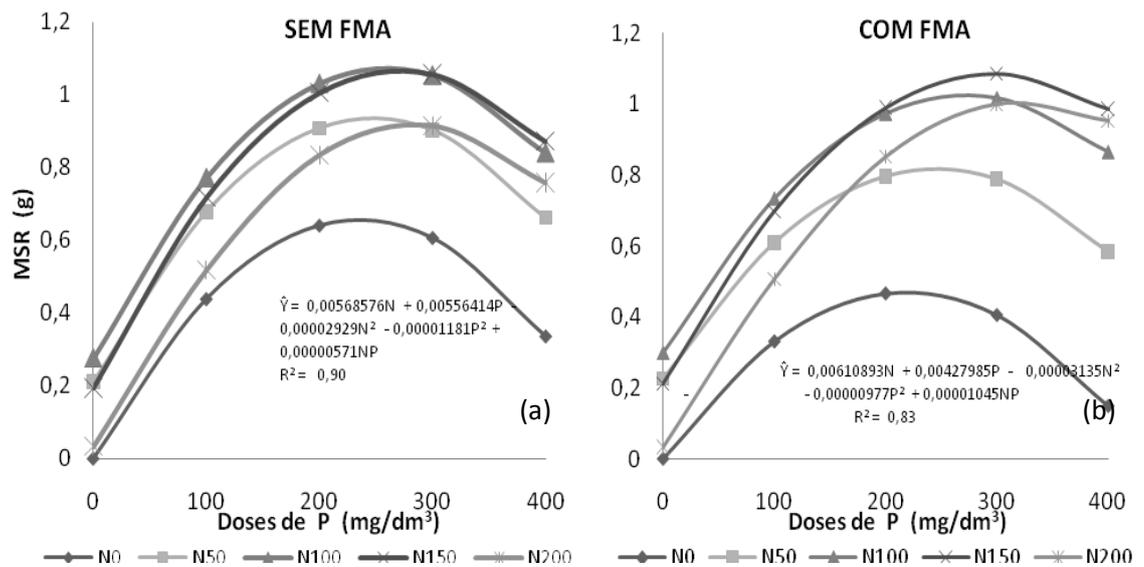


Figura 7 - Matéria seca das raízes (MSR) de mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P e N, na ausência (a) e na presença (b) de fungo micorrízico arbuscular (FMA), avaliada aos 120 dias após a semeadura.

Ghosh e Verma (2006), avaliando a eficiência de FMAs em mudas de *A. mangium*, não encontraram efeito significativo na produção de biomassa radicular, observando que o ganho com a inoculação foi na produção de matéria seca da parte aérea. Os resultados obtidos neste experimento e os citados pelos autores mencionados contrasta com o obtido por Satter et al. (2006), os quais encontraram que inoculação com FMA em combinação com adubação fosfatada, em mudas de *A. mangium*, influenciou o desenvolvimento das raízes, apresentando incrementos de 71 % na biomassa radicular e 70 % no volume das raízes em relação a plantas não inoculadas.

A produção de matéria seca total (MST) apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) para as doses de N e P testadas assim como para as interações NxP e NxPxFMA (Tabela 2). A resposta foi quadrática com máxima produção de MST de 5,7 g para os tratamentos com FMA obtida com as doses 352,68 mg/dm³ de P e 199,11 mg/dm³ de N.

Para aos tratamentos sem FMA a maior produção de MST foi de 5,64 g com as doses 307,83 mg/dm³ de P e 181 mg/dm³ de N (Figura 8). Semelhante ao observado na MSR, nos tratamentos com FMA, o pontos de máxima produção são obtidos com maiores doses de N e P em comparação com os não inoculados, isto pelo possível consumo de fotoassimilados por parte do fungo.

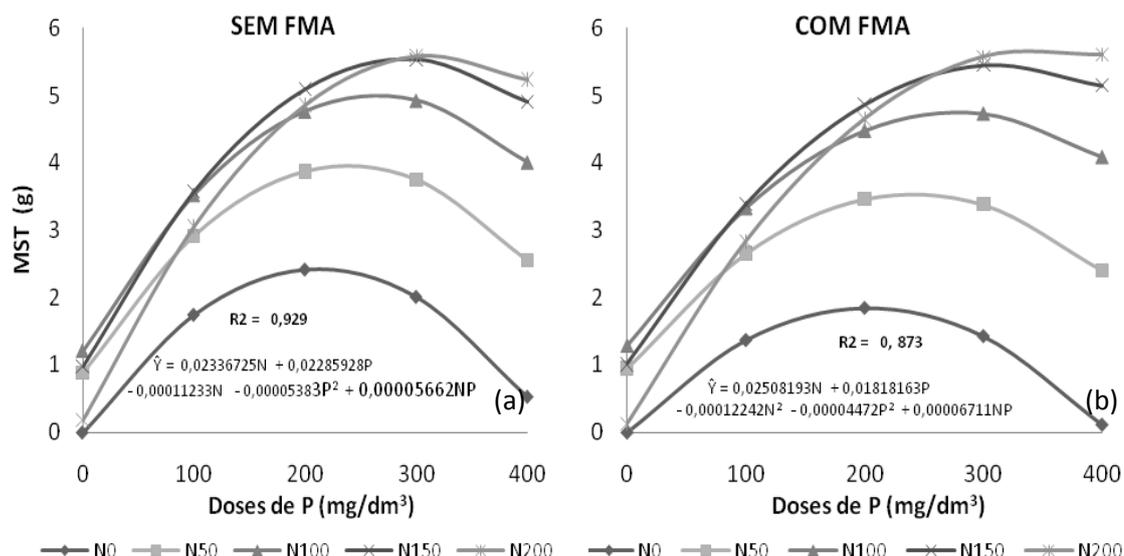


Figura 8 - Matéria seca total (MST) de mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P e N na ausência (a) e na presença (b) de fungo micorrízico arbuscular (FMA), avaliada aos 120 dias após a semeadura.

Em contraste a resposta da inoculação com FMA, as mudas de *A. mangium* mostraram alta resposta às doses de P e N aplicadas.

Em geral a espécie tem mostrado ter significativa demanda tanto de N quanto de P. Inagaki et al. (2009), avaliaram a produção de raízes finas em plantios de *Acacia mangium*, *Swietenia macrophylla* (SM) e *Araucaria cunninghamii* (AC) em resposta a aplicações de N e P, encontrando que a *A. mangium* apresentou maior produção de raiz fina na adição destes nutrientes, com produção de 220 g/m³ em comparação ao respectivo controle sem adubação que produziu 62 g/dm³. Para SM, a produção foi de 20 g/m³ e para AC foi de 110 g/dm³ tanto para o controle como para os tratamentos com N e P, não apresentou resposta a adição de N e P nas duas espécies não

leguminosas. Também encontrou-se um número maior de nódulos com a aplicação de fontes minerais de N e P, passando de 2 para 22 nódulos por volume de solo com raiz fina avaliado.

Dias et al. (1991), avaliaram diferentes doses de N (NH_4NO_3), em mudas de *A. mangium*, usando como substrato Latossolo Vermelho-Amarelo, determinando como dose recomendada 100 mg/dm^3 em solo de baixa fertilidade e sem inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio. A dose recomendada pelos autores difere deste experimento onde a dose recomendada está entre 150 e 200 mg/dm^3 de N para a maioria das variáveis avaliadas, ainda usando bactérias fixadoras de nitrogênio.

Em outro trabalho, Dias et al. (1990), avaliaram o efeito da adubação fosfatada no mesmo substrato do experimento anterior para a formação de mudas de *A. mangium* obtendo a maior produção de matéria seca total nas doses de 420 e 570 mg/dm^3 de P também diferindo dos resultados obtidos neste estudo, onde doses superiores a 300 mg/dm^3 de P produziram menor MST.

4.4. Relação matéria seca de parte aérea/matéria seca raízes (RMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Para as relações entre atributos morfológicos que indicam qualidade de mudas, observou-se que com 120 dias, a relação RMSPAR não foi influenciada significativamente ($p > 0,05$) pela aplicação de N, P e do FMA nem pelas suas interações (Tabela 2). Segundo Gomes (2002), quanto menor for o quociente obtido, mais lignificada será a muda, maior a capacidade de sobrevivência no campo. Neste estudo, aparentemente o índice não foi efetivo, além de não apresentar efeito significativo entre os tratamentos, os menores valores, ocorreram sem aplicação de N nem de P (Tabela 3), sendo contraditório aos resultados obtidos para as outras características avaliadas.

Gomes et al. (2002), comparando a contribuição de diferentes índices na avaliação da qualidade em mudas de *Eucalyptus grandis*, encontrou neste índice menor contribuição relativa.

Tabela 3 - Médias da relação entre a matéria seca da parte aérea/ matéria seca da raiz (RMSPAR) em mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P e N na ausência e na presença de fungo micorrízico arbuscular (FMA), avaliadas aos 120 dias após a semeadura.

	RMSPAR
FMA	
COM	3,64
SEM	3,60
DOSES (mg/dm³ de P)	
0	2,90
100	3,49
200	3,95
300	3,74
400	4,00
DOSES (mg/dm³ de N)	
0	2,50
50	3,74
100	3,67
150	3,85
200	4,35

O índice de qualidade de Dickson (IQD), apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) do N, do P e das interações P \times N e N \times P \times FMA (Tabela 2). A resposta foi quadrática, com um mesmo ponto de máxima em 0,68 para os tratamentos com e sem FMA, e com doses acima das usadas no experimento; sendo que para os tratamentos com FMA, o ponto de máximo seria alcançado com 446,33 mg/dm³ de P e 252,58 mg/dm³ de N, enquanto que para os tratamentos sem FMA o ponto de máximo do índice seria alcançado com aplicação de 378,46 /dm³ de P e 245,43 mg/dm³ de N (Figura 9). É observado que igual ao ocorrido nas outras variáveis onde houve efeito significativo do fator FMA, os pontos máximos são obtidos com doses maiores de P e N, em relação aos tratamentos sem FMA.

Este índice morfológico foi desenvolvido por Dickson et al. (1960), e são consideradas a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda, ponderando os resultados de vários atributos importantes empregados na avaliação da qualidade das mesmas (Fonseca et al., 2002). Hunt (1990),

citado por Gomes et al. (2002), propôs que um valor mínimo de 0,2 era um bom indicador da qualidade das mudas, sendo que, quanto maior o valor do índice melhor será o padrão de qualidade das mudas. Em consideração ao anterior, em todos os tratamentos exceto daqueles onde não houve aplicação de N e P, o índice foi favorável, já que apresentaram valores acima de 0,2 (Figura 9).

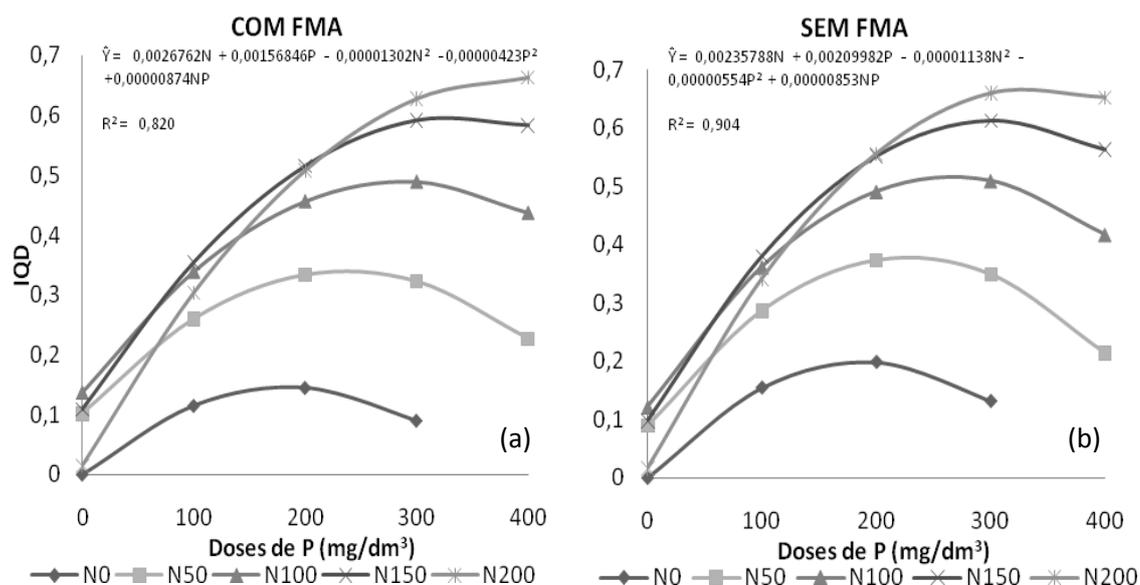


Figura 9 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P, N na presença (a) e ausência (b) e de fungo micorrízico arbuscular (FMA), avaliado aos 120 dias após a semeadura.

4.5. Nódulos totais (NT), nódulos ativos (NA) e matéria seca dos nódulos (MSN)

Observou-se a presença de nódulos ativos no sistema radicular das mudas de *A. mangium*, produto da associação simbiótica com o rizóbio aplicado (Figura 10).

A produção de nódulos (totais e ativos) foi influenciada significativamente ($p \leq 0,05$) pela aplicação de N, enquanto a produção de

MSN teve efeito significativo ($p \leq 0,05$) do N aplicado e das interações NxFMA e PxN (Tabela 2).

O maior número de nódulos (4 e 2,96) assim como a maior produção de MSN (8,52 e 2,91 mg) ocorreram com as doses mais baixas de N: 0 e 50 mg/dm³, sendo as doses 150 e 200 mg/dm³ as mais inibidoras da nodulação (Figura 11).



Figura 10 - Formação de nódulos em raízes de mudas de *A. mangium* Willd.

Embora não havendo diferença estatística nos tratamentos com e sem FMA, observa-se que nos tratamentos com FMA, houve maior produção de

nódulos em relação aos que não foram inoculados com FMA, assim como a não adição de P, inibiu a nodulação (Tabela 4).

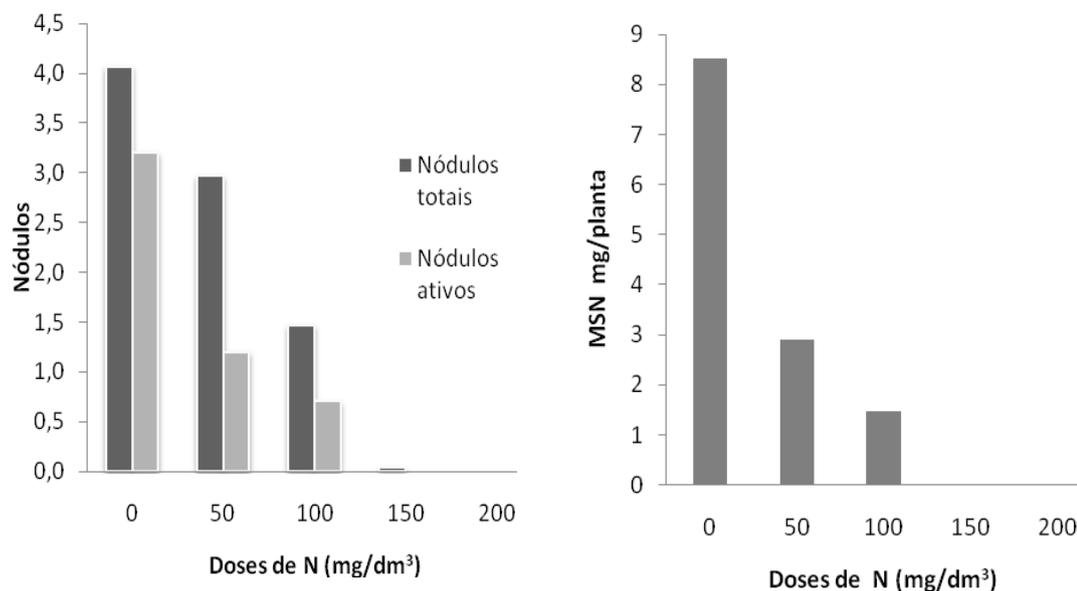


Figura 11 - Nódulos totais, nódulos ativos e matéria seca dos nódulos (MSN) em mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de N, avaliados aos 120 dias após a semeadura.

O processo de FBN demanda energia, sendo bastante influenciado pela nutrição da planta com relação ao P, que é um nutriente relacionado ao metabolismo energético. O nódulo é considerado um forte dreno de P, dado que o teor desse nutriente é cerca de três vezes maior que de outros órgãos (Valdez et al., 1997). Satter et al. (2006), encontraram em mudas de *A. mangium*, o uso de FMA, em combinação com adubação fosfatada, estimulou a formação de nódulos com produção de 109 nódulos para plantas inoculadas com FMAs, em relação às não inoculadas que produziram 75 nódulos. Estes valores são superiores aos apresentados neste trabalho, mas obtidos a partir de plantas mais desenvolvidas, que no tempo de avaliação tinham oito vezes mais biomassa radicular do que as mudas deste experimento, e que foram produzidas em vasos maiores (3,5 kg).

Tabela.4 - Produção de nódulos em mudas de *A. mangium* Willd. Nódulos totais (NT), nódulos ativos (NA), matéria seca dos nódulos (MSN). Avaliado aos 120 dias após a semeadura.

	NT	NA	MSN (mg/planta)
FMA			
COM	2,3	1,33	3,34
SEM	1,09	0,70	1,83
DOSES (mg/dm³ de P)			
0	0	0	0
100	3,20	1,70	4,43
200	1,50	1,23	1,40
300	1,80	1,33	4,59
400	2,00	0,83	2,50
DOSES (mg/dm³ de N)			
0	4,46	3,20	8,52
50	2,96	1,20	2,91
100	1,43	0,70	1,47
150	0,03	0	0,02
200	0	0	0

4.6. Teor de nutrientes

De forma geral o efeito da inoculação com FMA nos teores dos nutrientes, nas mudas de *A. mangium* foram baixos (Tabela 5).

A avaliação do teor de N nos tecidos, mostrou efeito significativo ($p \leq 0,05$) da aplicação de N, e na interação NxFMA (Tabela 5). A análise de regressão mostrou que as mudas de *A. mangium*, quando receberam inóculo de FMA, apresentaram maior teor de N nos tecidos (Figura 12).

Os FMAs, contribuem para o acúmulo de N nas plantas, como constatado em estudos com produção de mudas de espécies arbóreas (Oliveira et al., 1999).

O teor de P, foi influenciado significativamente ($p > 0,05$) pela aplicação do N, e do P, mas não pela aplicação do FMA (Tabela 5). O maior teor de P

nos tecidos, foi obtido nas maiores doses de P aplicadas, apresentando-se efeito linear (Figura 13).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância do teor de nitrogênio (TN); teor de fósforo (TP); teor de potássio (TK); teor de cálcio (TCa); teor de magnésio(TMg); teor de zinco (TZn) e teor de cobre (TCu) nos tecidos de mudas de *Acacia mangium* Willd., avaliados aos 120 dias após a semeadura.

QUADRADO MÉDIO								
FV	GL	TN	TP	TK	TCa	TMg	TZn	TCu
Bloco	2	0,29 ^{ns}	0,02277 ^{ns}	0,000009 ^{ns}	0,0246 ^{ns}	0,000005 ^{ns}	2664,86*	69,060*
FMA	1	0,07 ^{ns}	0,00003 ^{ns}	0,555411*	0,0551 ^{ns}	0,002076 ^{ns}	8,07 ^{ns}	0,005 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	12,78*	0,23914*	0,141487 ^{ns}	0,4024*	0,016147*	438,17 ^{ns}	45,534*
Fósforo (P)	4	0,06 ^{ns}	0,15331*	0,121253 ^{ns}	0,2125*	0,000154 ^{ns}	29,04 ^{ns}	16,129*
N x FMA	4	0,59*	0,02349 ^{ns}	0,162389 ^{ns}	0,0221 ^{ns}	0,000347 ^{ns}	277,68*	3,206 ^{ns}
P x FMA	4	0,13 ^{ns}	0,02163 ^{ns}	0,053709 ^{ns}	0,01772 ^{ns}	0,001075 ^{ns}	29,29 ^{ns}	4,625 ^{ns}
P x N	16	0,1762	0,03869*	0,106316 ^{ns}	0,0083 ^{ns}	0,000348 ^{ns}	51,54 ^{ns}	10,691*
P x N x FMA	16	0,39*	0,02451 ^{ns}	0,149676 ^{ns}	0,0210 ^{ns}	0,000799 ^{ns}	20,47 ^{ns}	9,698*
Resíduo	98	0,12	0,02008	0,137791	0,01776	0,000665	94,61	4,720
CV%		81,91	32,48	493,38	0,97	0,79	43,15	46,99

*($p \leq 0,05$); ^{ns} ($p > 0,05$).

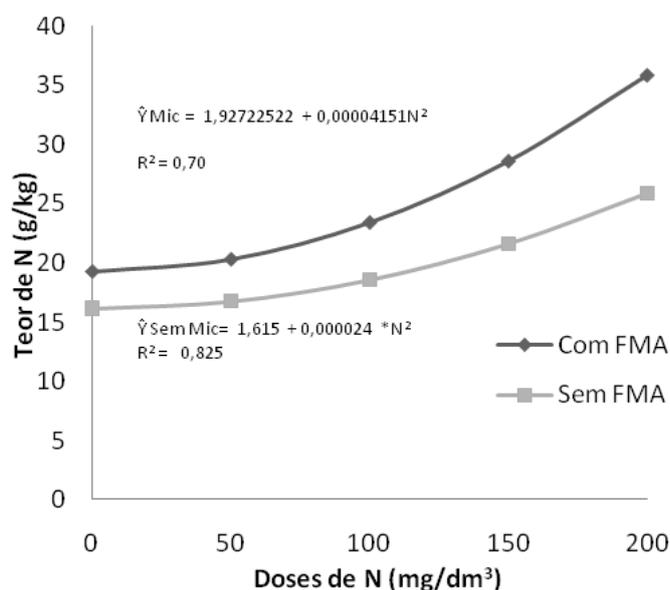


Figura 12 - Teor de nitrogênio (N) nos tecidos de mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de N, na presença e ausência de fungo micorrízico arbuscular (FMA) avaliado aos 120 dias após a semeadura.

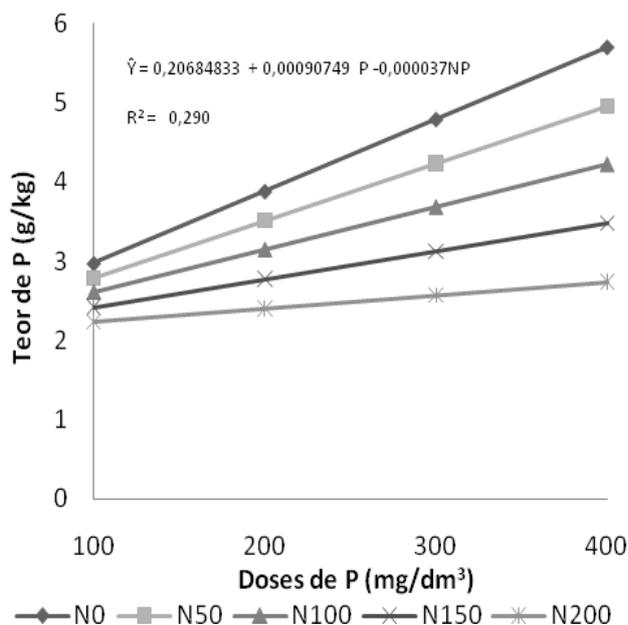


Figura 13 - Teor de fósforo (P) nos tecidos de mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P e N, avaliado aos 120 dias após a semeadura.

O teor de K nas mudas de *A. mangium*, foi influenciado pela aplicação de do FMA ($p \leq 0,05$), sem efeito do P e N (Tabela 5), apresentando menor teor de K para tratamentos com FMA (Figura 14).

Para o teor de Ca, nas mudas de *A. mangium*, a análise de variância indica efeito significativo dos fatores N e P, mas não do FMA (Tabela 5). O maior teor de Ca foram nas doses 0 e 100 mg/dm³ de P em combinação com a dose 0 de nitrogênio (Figura 15).

O teor de magnésio nos tecidos apresentou efeito significativo para o N ($p \leq 0,005$) (Figura 16).

Para Zn observa-se efeito significativo ($p \leq 0,05$) para a interação NxFMA, enquanto para o Cu observa-se efeito para os fatores N, P e para as interações PxN e PxNxFMA (Tabela 5).

Observa-se que o teor de P, Ca, Mg, Zn e Cu, foi aumentando na medida que as doses de N são menores, o qual pode obedecer ao “efeito de diluição do nutriente”, uma vez que as plantas destes tratamentos apresentaram maior acúmulo de matéria seca.

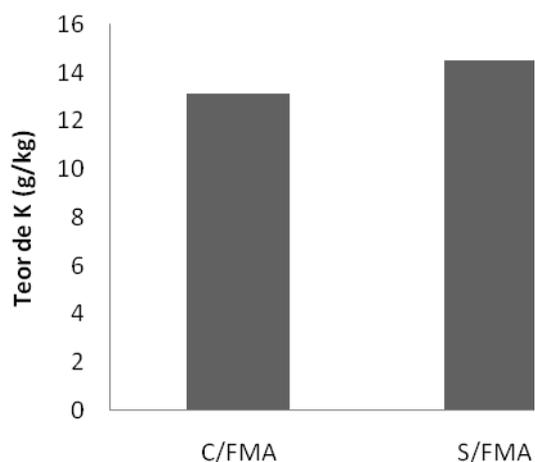


Figura 14 - Teor de potássio (K) nos tecidos de mudas de *Acacia mangium* Will., na presença (C/FMA) e ausência (S/FMA) de fungo micorrízico arbuscular (FMA) avaliado aos 120 dias após a semeadura.

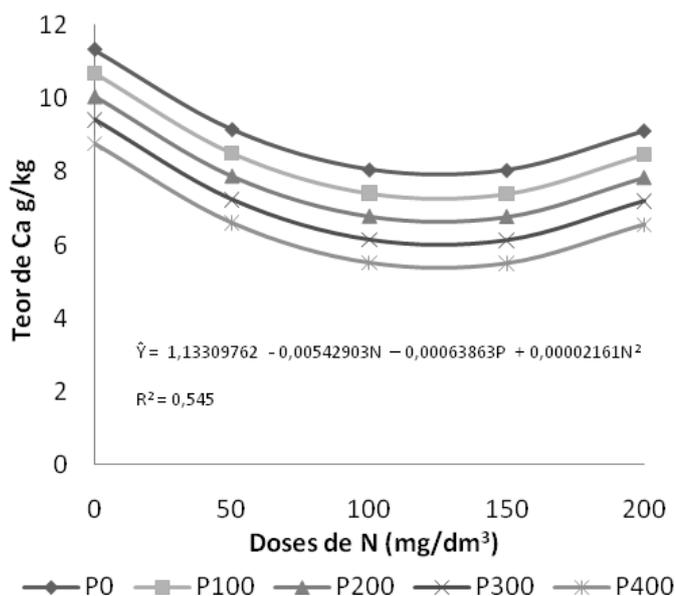


Figura 15 - Teor de cálcio (Ca) nos tecidos de mudas de *Acacia mangium* Willd., em resposta a aplicação de P e N, avaliado aos 120 dias após a semeadura.

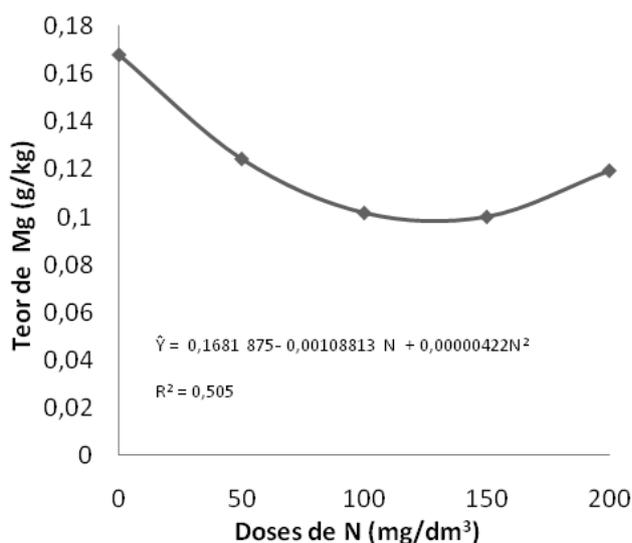


Figura 16 - Teor de magnésio (Mg) nos tecidos de mudas de *Acacia mangium* Will., em resposta a aplicação de N, avaliado aos 120 dias após a semeadura.

Tabela 5 - Médias do teor de zinco (Zn) e teor de cobre (TCu) nos tecidos de mudas de *Acacia mangium* Willd.

	Zn	Cu
	mg/kg	
FMA		
COM	24,13	5,98
SEM	26,63	6,35
Doses(mg/dm³ de P)		
0		
100	26,24	5,66
200	24,88	5,52
300	24,49	6,55
400	25,56	6,92
Doses(mg/dm³ de N)		
0	29,53	8,25
50	28,32	6,41
100	24,43	5,71
150	21,90	5,34
200	21,21	4,74

Os resultados obtidos no teor de nutrientes, mostram a baixa incidência dos FMAs usados, o que contrasta com o citado por autores como Schiavo et al. (2009), que fizeram avaliações dos teores de nutrientes em mudas de *A. mangium* inoculadas com os FMAs: *Glomus macrocarpum*, *Glomus etunicatum* e *Entrophospora colombiana*, e obtiveram incrementos nos conteúdos de N, P e Zn de 22, 71 e 67 %, em relação ao controle.

5. CONCLUSÕES

A inoculação com FMA não foi eficiente em promover a colonização das mudas de *A. mangium*, com conseqüente limitação de efeito no crescimento e nutrição das mudas.

No solo utilizado a aplicação de fontes minerais de fósforo e nitrogênio estimula o crescimento e a absorção destes nutrientes nas mudas de *A. mangium*.

A maior produção de biomassa nas mudas de *A. mangium* foi obtida com aplicação de 307,83 mg/dm³ de P e 181,59 mg/dm³ de N sem inoculação de FMA.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D. Infectivity and effectiveness of five endomycorrhizal fungi: competition with indigenous fungi in field soils. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.32, p. 621-630, 1981.

AGGANGAN, N. S.; MOOM, H. K.; HAN, S. H. Growth response of *Acacia mangium* Willd. seedlings to arbuscular mycorrhizal fungi and four isolates of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker and Couch. **New Forest**, New York, v. 39, n.2, p. 215-230, 2009.

ALVAREZ, V., V. H.; DIAS, L. E.; LEITE, P. B.; SOUZA, R. B.; JUNIOR, E. S. R. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n.1, p. 111-119, 2006.

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M., Deposição e decomposição da serapilheira em povoamentos de *Mimosa caesaliniifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa. n, 24, p. 777-785, 2000.

BECK, D. P.; MUNNS, D. N. Phosphate nutrition of *rizobium spp.* **Journal of Applied and Environmental Microbiology**, Washington D.C., n. 47, p. 278-282, 1984.

BRUNDRETT, M. et al. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra: ACIAR, 1996. 374p.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Crescimento de leguminosas arbóreas em resposta a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 1-10, 1997.

CARDOSO, E. J. B. N. et. al. Micorrizas arbusculares na aquisição de nutrientes pelas plantas. In: SIQUEIRA, J. O.; DE SOUZA, F. A.; CARDOSO, J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.) **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. Cap. 7, p. 153 - 214.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CARVALHO, T. S.; MOREIRA, F. M. S. Simbioses tripartites: leguminosas, fungos micorrízicos e bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas. In: SIQUEIRA, J. O.; DE SOUZA, F. A., CARDOSO, J. B. N.; TSAI, S. M. (Eds.) **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. Cap. 13, p. 383 - 413.

COLONNA, J. P.; THOEN, D.; DUCOUSSO, M.; BRADJI, S. Comparative effects of *Glomus etunicatum* and P fertilizer on foliar mineral composition of *Acacia senegal* seedlings inoculate with *Rhizobium*. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 1, p. 35-38, 1991.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GOMES, K. C. O.; GUERRERO, C. R. A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê –roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 100-107, 2004.

DECHEN, A. R.; NACHTIGAL, G. R. Elementos requeridos á nutrição de plantas. In: NOVAIS et al. (Ed.). 1. ed. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, cap. 3, p.91-132.

DIAS, L. E.; ALVAREZ V., V. H.; BRIENZA, J. R. S. Formação de mudas de *Acacia mangium*: I. Resposta a calcário e fósforo. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6. 1990. Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: SBS/SBEF, p.449-453. 1990.

DIAS, L. E.; ALVARREZ V. H.; BRIENZA, J. R. S. Formação de mudas de *A. mangium*, resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Arvore**, Viçosa, v.16, n.2, p 135-143, 1991.

DUGUMA, B.; TONYE, J.; KANMEGME, J.; MANGA, T.; ENOCH, T.; Growth of tem multipurpose tree species on acid soils in Sangmelina, Cameroon. **Agroforestry Systems**, New York, n. 27, p. 107-119, 1994.

DUPONNOIS, R.; BÂ, A. M. Growth stimulation of *Acacia mangium* Willd. by *Pisolithus* sp. in some Senegalese soils. **Forest Ecology and Management**, Oxford, n. 119, p. 209-215, 1999.

DUPONNOIS, R.; PLENCHETTE, C. A mycorrhiza helper bacterium enhances ectomycorrhizal and endomycorrhizal symbiosis of Australian *Acacia* species. **Mycorrhiza**, New York, n. 13, p. 85–91, 2003.

FAYE, A., et al., Controlled ectomycorrhization of an exotic legume tree species *Acacia holosericea* affects the structure of root nodule bacteria community and their symbiotic effectiveness on *Faidherbia albida*, a native Sahelian *Acacia*. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, n. 41, p. 1245 – 1252, 2009.

FONSECA et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N₂-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, n. 29, p. 827-903, 1997.

GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, v.46, p.235-244, 1963.

GEORGE, E.K.; HAUSSIER,G.; VETTERLEIN, E.G.; MARSCHENER, H.; Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. *Canadian Journal of Botany*, v. 70, p.2130-2137,1992.

GHOSH, H.; VERMA, N. K. Growth and mycorrhizal dependency of *Acacia mangium* Willd.,inoculated with three vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in lateric soil. **New Forest**. n. 31, p. 75-81, 2006.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytology**, Cambridge, v. 84, p. 489-500, 1980.

GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655 – 664, 2002.

GROVE, T. S.; THOMSON, B.D.; MALAJCZUK, N. Nutritional physiology of eucalypts: uptake, distribution and utilization. In: ATTIWILL, P. M. e ADAMS, M. A., (Eds). **Nutrition of Eucalypt s. Australia**, 1996. p.77-108.

HABTE, M. Mycorrhizal fungi and plant nutrition. In: SILVA, J. A., UCHIDA, R. (Eds). **Plant nutrient management in Hawaii's soils, approaches for tropical and subtropical agriculture**. Hawali: College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Manoa, 2000. 127 p..

HARRISON, M. J. Signaling in the Arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Annual review of Microbiology**, Palo Alto. n. 59, p. 19-42, 2005.

HAWKINS, H. J.; JOHANSEN, A.; GEORGE, E. Uptake and transport of organic nitrogen by arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant Soil**, Crawley, v. 226, p. 275 - 285 2000.

HODGE, A. Plant nitrogen capture from organic matter as affected by spatial dispersion, interspecific competition and mycorrhizal colonization. **New Phytologist**, Lancaster, v. 151, p. 725- 734, 2001.

HUNGRIA, M. Coleta de nódulos e isolamento de rizóbio. In: ARAUJO, R.S (Ed). **Manual de Métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA, 1994. p. 45-61.

INAGAKI, M.; INAGAKI, Y.; KAMO, K.; TITIN, J. Fine-root production in response to nutrient application at three forest plantations in Sabah, Malaysia:

higher nitrogen and phosphorus demand by *Acacia mangium*. **Journal of Forest Research**, n. 14, p.178-182, 2009.

JANOS, D. P. Mycorrhizas, succession and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANLAND, J. C.; MAGAN, N. GADD, G.M. (Eds). **Fungi and environmental change: British Mycological Society Symposium**. Cambridge, U.K: Cambridge University Press, 1996. v.20, p.129-162.

JESUS E.; SCHIAVO, J. B.; DE FARIA, S. M. Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 29, n. 4, p. 545-552, 2005.

KARANDASHOV, V.; BUCHER, M. Symbiotic phosphate transport in arbuscular mycorrhizas. **Trends in plant science**, Oxford. v. 10, n. 1, p. 22-29, 2005

KIM, J.; REES, D. C. Nitrogenase and Biological Nitrogen Fixation. **Biochemistry**. v. 33, n. 2, p. 389- 397, 1994.

LAMBAIS, M. R.; MEHDY, M. C. Soybean roots infected by *Glomus intraradices* strains differing in infectivity exhibit differential chitinase and b-1,3-glucanase expression. **New Phytologist**, v.134, p.531-538, 1996.

LIU, J. et., al. Transcript profiling coupled with spatial expression analyses reveals genes involved in distinct developmental stages of an arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Plant Cell**, v.15, p. 2106-2123, 2003.

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; SANTOS, K. R.; BALDANI, T. J. I. Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical. Obtido via base de dados da Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ. 2009. Disponível em: <http://www.cnpab.embrapa.br/publicacoes>. Acesso: 10 jun. 2011.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Editora UFLA, 2006, 729 p.

NOGUEIRA, M. A.; CARDOSO, E. J. B. N. Phosphorus availability changes the internal and external endomycorrhizal colonization and affects symbiotic effectiveness. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 3, p. 295-300, 2007.

O'HARA, G.W.; BOONKERD, N.; DILWORTH, M. J. Mineral constraint to nitrogen fixation. **Plant Soil**, Crawley, v. 108, p. 93-110, 1988.

OLIVEIRA, L. A.; GUITTON, T. L.; MOREIRA, F. W. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 29, p. 183-193, 1999.

PASSOS, M. A. A. **Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC)**. 1994. 57 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PINOCHET, et al. Inducing tolerance to the root-lesion nematode *Pratylenchus vulnus* by early mycorrhizal inoculation of micropropagated myrabolan 29c plum rootstock. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 3, p. 342-347, 1998.

POUYÚ-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J. O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.1, p.103-114, 2000.

SAGGIN JÚNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, p.27-36, 1994.

REIS, V. M.; PAULA, M. A.; DOBEREINER, J. Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1933-1941, 1999.

SANDERS, F. E.; TINKER, P. B. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. **Nature**, v. 233, p. 278-279, 1991.

SATTER, M. A.; HANAFI M. M.; MAHMUD, T. M. M.; AZIZAH, H. Influence of arbuscular mycorrhiza and source of phosphorus on root development and nodulation of *Acacia mangium* seedlings on degraded soils. **Bangladesh Journal of Microbiology**, Bangladesh, v.23, n.2, p.102-106, 2006.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS M. A. Produção de Mudas de acácia colonizadas com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n.2. p. 173-178, 2003.

SCHIAVO, J. A.; MARTINS M. A.; RODRIGUES. Avaliação nutricional de mudas de *Acacia mangium*, *Sesbania virgata* e *Eucalyptus camaldulensis* inoculadas com fungos micorrízicos, em casa-de-vegetação e em cava de extração de argila. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 701-707, 2009.

SCHÜSSLER, A.; SCHAWARZOTT, D.; WALKER, C. A new fungal phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and evolution. **Mycological Research**, Oxford. n. 105. p. 1414-1421. 2001.

SILVA, T. F. B. et al. Influência da densidade de fungos micorrízicos arbusculares na produção de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis). **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.1-6, 2009.

SILVEIRA, A. P. D. **Cinética de absorção de fósforo e estado nutricional do feijoeiro sob influencia de mcorriza vesículo-arbuscular**. 1990. 130 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba.

SILVEIRA, A. P. D.; CARDOSO, E. J. B. N. Arbuscular mycorrhiza and Kinetic parameters of phosphorus absorption by beans plants. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 61, p. 203 – 209, 2004.

SIQUEIRA, J. O.; MAHMUD, A. W.; HUBBELL, D. H. Comportamento diferenciado de fungos formadores de micorrizas vesicular-arbusculares em relação à acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, p. 11-16, 1986.

SIQUEIRA, J. O.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J. Dependency on arbuscular mycorrhizal fungi and responsiveness of some Brazilian native woody species. **Mycorrhiza**, New York, v. 11, p. 245-255, 2001.

SIQUEIRA, J. O.; LAMBAIS, M. R.; STURMER, S. L. Fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n. 25, p. 12-21, 2002.

SOUZA, V. et al. Estudos sobre fungos micorrízicos. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.612–618, 2006.

VALDEZ, V.; BECK, D. P. LASSO, J. H.; DREVON, J. J. Utilization of the acetylene reduction assay to screen for tolerance of symbiotic N₂ fixation to limiting P nutrition in common bean. **Physiologia**, Sweden, no. 99, p. 227-232, 1997.