

CRESCIMENTO DE MUDAS DE JACARÉ (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS E FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO¹

Lissandra Silva Marques², Haroldo Nogueira de Paiva³, Júlio César Lima Neves⁴, José Mauro Gomes³ e Paulo Henrique de Souza²

RESUMO – Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o crescimento e qualidade de mudas de *Piptadenia gonoacantha* (jacaré) em resposta a fontes e doses de nitrogênio produzidas em amostras de três diferentes tipos de solo. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), analisados em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes (nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio) e cinco doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N, aplicadas como solução em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura) e três tipos de solos (latossolo, argissolo e cambissolo), com quatro repetições. Foram analisados os parâmetros morfológicos, o índice de qualidade de Dickson e a nodulação do sistema radicular ativa e total e suas relações. Os substratos argissolo e cambissolo e a aplicação do sulfato de amônio proporcionaram maiores médias com relação às características morfológicas avaliadas. Quanto às doses de N utilizadas neste estudo, as melhores médias dos parâmetros morfológicos foram adquiridas com a aplicação variando de 151 a 200 mg/dm³ de N.

Palavras-chave: Nitrogênio, qualidade de mudas e *Piptadenia gonoacantha*.

JACARÉ (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.) SEEDLING GROWTH IN DIFFERENT SOIL TYPES AND NITROGEN SOURCES AND DOSES

ABSTRACT – The objective of the present work was to evaluate the growth and the quality of seedlings of *Piptadenia gonoacantha* in response to nitrogen sources and doses produced in samplings of three different types of soil. The experiment was arranged in a randomized design (DBC), in a factorial scheme (3x5x3), corresponding to three sources (ammonium nitrate, calcium nitrate and ammonium sulphate), and five doses of nitrogen (0, 50, 100, 150 and 200 mg/dm³ N), applied in a solution in four equal parts 25, 50, 75 and 100 days after seed saving), and three types of soil (Latisol, Argisol and Cambisol) with four repetitions. The morphologic parameters, Dickson quality index, root system nodulation, both active and total and their relations were analyzed. The substrates Argisol and Cambisol and ammonium sulphate provided greater means for the morphologic characteristics evaluated. In relation to the N doses evaluated in this study, the better means for the morphologic parameters were achieved with the doses varying from 151 to 200 mg/dm³ N.

Keywords: Nitrogen, quality of seedlings and *Piptadenia gonoacantha*.

¹ Recebido em 11.02.2007 e aceito para publicação em 26.01.2009.

² Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV). E-mail: <lissandramarques@yahoo.com.br>.

³ Departamento de Engenharia Florestal da UFV. E-mail: <hnpaiva@ufv.br>.

⁴ Departamento de Solos da UFV.



1. INTRODUÇÃO

Jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) é uma espécie pertencente à família Leguminosae-Mimosoideae (LORENZI, 2002). A madeira dessa espécie considerada moderadamente pesada (densidade 0,75 g/cm³) é uma das melhores para carvão e lenha, sendo preferida a outras madeiras de espécies nativas devido à sua facilidade para queimar, durabilidade da combustão, facilidade para rachar e durabilidade nos depósitos (HERINGUER, 1947). Possui crescimento rápido, atingindo até 25 m³/ha.ano aos 8 anos, com previsão para rotação de 6-7 anos para lenha e carvão e 15 anos para madeira de serraria (CARVALHO, 1994). O jacaré é uma espécie considerada indispensável nos reflorestamentos mistos destinados à recomposição de áreas de preservação permanente degradadas (LORENZI, 2002).

A produção de mudas florestais, em qualidade e quantidade, é uma das fases mais importantes para o estabelecimento de bons povoamentos florestais com espécies nativas. O entendimento da nutrição das mudas e o uso de substratos de cultivo apropriado são fatores essenciais para definição de uma adequada recomendação de fertilização (GONÇALVES et al., 2000).

É cada vez maior a necessidade de uma conscientização para dar maior atenção a estudos de crescimento de espécies florestais nativas. Na revegetação de áreas de solos degradados devem ser plantadas espécies adaptáveis às condições edáficas dominantes. Para isso, é necessário o conhecimento das limitações do solo e das exigências nutricionais das espécies a serem plantadas (SANGINGA et al., 1991).

Entre as limitações, destaca-se a baixa fertilidade natural da maioria dos solos do Brasil, com ênfase para o fósforo, mas, uma vez que esse nutriente esteja corrigido, geralmente há respostas importantes das culturas ao nitrogênio, que é altamente restritivo ao crescimento inicial e produção de biomassa, tanto em espécies agrícolas quanto florestais (RAIJ, 1991).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento e qualidade de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais e fontes e doses de nitrogênio.

2. MATERIALE MÉTODOS

O experimento foi instalado no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal

da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG. A espécie utilizada foi *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr., cujas sementes foram adquiridas no Laboratório de Análises de Sementes Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium* (BR 3452 e BR 4812), obtidas no Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/ EMBRAPA, Seropédica, RJ.

As amostras de três tipos de solo (argissolo, cambissolo e latossolo) utilizadas como substratos para a produção das mudas foram retiradas de áreas da região de Viçosa, MG, da camada abaixo de 20 a 40 cm de profundidade para argissolo e de 20 a 100 cm de profundidade para latossolo e cambissolo. Os solos não esterilizados foram secos ao ar, peneirados em malha de 5 mm e efetuada a correção da acidez, utilizando-se uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1. A necessidade de calagem foi calculada com base na análise química dos solos (Tabela 1), sendo a saturação por bases elevada a 60%. Após a incorporação do corretivo, as amostras de solos foram acondicionadas em sacos plásticos mantidos abertos e incubadas por um período de 30 dias na estufa, visando manter o teor de umidade das amostras à capacidade de campo.

Após 30 dias, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas seguintes doses: P = 300 mg/dm³, K = 100 mg/dm³ e S = 40 mg/dm³, tendo como fontes NaH₂PO₄.H₂O, KCl e K₂SO₄, conforme sugerido por Passos (1994) citado por Bernadino (2005). E, ainda, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm³ (H₃BO₃), Cu = 1,33 mg/dm³ (CuSO₄.5H₂O), Mo = 0,15 mg/dm³ [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], Mn = 3,66 mg/dm³ (MnCl₂.H₂O) e Zn = 4,0 mg/dm³ (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V. et al., 2006). Os solos foram acondicionados em vasos plásticos, na quantidade de 1,5 dm³/vaso. Em seguida, procedeu-se à semeadura.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade para 1,5 dm³ de substrato contendo uma muda. O delineamento estatístico adotado foi em blocos casualizados (DBC), analisados em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

Tabela 1 – Análise química dos solos da região de Viçosa, MG, utilizados na produção das mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) antes da correção**Table 1** – Chemical analyses of the soils of the region of Viçosa, MG–Brazil, used in the production of seedlings of jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) before the amendment

Solo	pH H ₂ O	P mg/dm ³	K cmol _c /dm ³	Ca ²⁺ %	Mg ²⁺ dag/kg	Al ³⁺	H+Al	SB	T	V	MO
Argissolo	5,64	1,5	16	1,74	0,17	0,00	3,0	1,95	4,95	39,4	2,82
Cambissolo	5,60	1,5	66	1,00	0,31	0,00	1,7	1,48	3,18	46,5	2,55
Latossolo	5,40	2,5	26	0,17	0,09	0,00	2,0	0,33	2,33	14,2	2,69

pH em água - Relação 1: 2,5 - P e K - Extrator Mehlich 1 - Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol/L - H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0 - MO = C. Org x 1,724 - Método Walkley-Black.

As fontes de nitrogênio testadas foram na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], nitrato de cálcio [Ca(NO₃)₂] e sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm³ de N), aplicadas como solução em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura.

As características morfológicas e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas (GOMES, 2001) foram analisadas ao término do experimento, 120 dias após a semeadura, quando também se verificaram a presença e número de nódulos ativos no sistema radicular. Essas características foram a altura da parte aérea (H), o diâmetro do coleto (DC), o peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), o peso de matéria seca de raízes (PMSR), o peso de matéria seca total (PMST), a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC), a relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), a relação entre o peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A altura da parte aérea (H) foi obtida com o auxílio de régua milimetrada posicionada em nível do substrato até o ápice da planta, e o DC foi efetuado por meio de paquímetro digital.

O PMSPA e o PMSR foram obtidos após a secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a 60 °C, até peso constante. Com a soma do PMSPA e PMSR, obteve-se o PMST.

As demais relações, RHDC, RHPMSPA e RPMSPAR, foram determinadas pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

O Índice de qualidade de Dickson (IQD) foi obtido segundo a metodologia utilizada por Gomes (2001), em que $IQD = PMST / (H/DC + PMSPA/PMSR)$.

Após a separação do sistema radicular e limpeza em água corrente com o auxílio de peneira de malha fina, efetuou-se a verificação da presença e atividade de nódulos em cada planta. A atividade dos rizóbios, ou seja, os nódulos ativos (NODAT) presentes nas raízes, foi verificada pela presença da leghemoglobina nos nódulos, por meio de cortes com o auxílio de estilete e visualização feita com lupa. A presença dos nódulos totais nas raízes (NODT) foi verificada por meio da contagem, realizada manualmente. A relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular (RNODATNODT) foi determinada pelo quociente entre as características envolvidas na relação.

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância e teste de média (teste de Tukey a 5% de probabilidade), que foi utilizado para comparar o efeito principal de solos e, ou, de fontes de N e análise de regressão, que foi utilizada para associar o efeito das doses, utilizando-se o software SISVAR (Sistema para Análises Estatísticas) (FERREIRA, 2000). Na escolha das equações de regressão, consideraram-se a significância dos coeficientes, testada em nível de 5% de probabilidade, e o coeficiente de determinação (R²).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para H não houve interação significativa dos fatores analisados, porém foram observados os efeitos principais de solo, fonte e dose (Tabela 2). Em relação aos substratos, as maiores alturas (32,8 e 36,8 cm) foram encontradas nas mudas produzidas no argissolo e cambissolo, os quais não diferiram significativamente (Figura 1A). Na produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), Marques (2004) verificou maior valor de H (59,00 cm) no argissolo e o menor (43,05 cm) no latossolo. O efeito quadrático de doses possibilitou a determinação do maior valor de H (41,71 cm) obtido na dose de 192,8 mg/dm³ de N, independentemente da fonte de N aplicada

e do solo (Figura 2A). A condição do solo sem N-mineral (dose = 0 mg/dm³) foi limitante para o crescimento da espécie, confirmando o efeito do N no aumento da produção vegetal. Quanto ao efeito das fontes nitrogenadas, foram constatadas maiores médias (35,03 cm) de H, com aplicação do sulfato de amônio (Figura 3A).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância das características morfológicas e relações estudadas, na produção mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), avaliadas aos 120 dias após a semeadura

Table 2 – Summary of the variance analysis of the morphologic characteristics and relations studied, in the production of seedlings of jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), evaluated at 120 after the seed saving

FV	GL	Quadrado Médio												
		H	DC	PMSPA	PMSR	PMST	RHDC	RHPMPA	RPMSPAR	IQD	NODT	NODAT	RNODAT NODT	
Bloco	3	102,72 ^{ns}	0,92 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,25 ^{ns}	3,38 ^{ns}	0,56 ^{ns}	67,56 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,013 ^{ns}	469,02*	30,27 ^{ns}	417,06 ^{ns}	
Solo (S)	2	3255,51*	22,50*	64,43*	1,51 ^{ns}	86,77*	38,44*	21,32 ^{ns}	24,82*	0,21 ^{ns}	445,41 ^{ns}	112,08*	1914,43*	
Fonte (F)	2	1020,46*	9,95*	52,95*	3,35*	77,37*	2,13 ^{ns}	92,69*	1,17 ^{ns}	0,53*	1092,95*	133,62*	725,57*	
Dose (D)	4	6285,95*	26,38*	113,56*	4,92*	146,85*	126,04*	427,19*	32,27*	0,46*	344,72 ^{ns}	36,11 ^{ns}	315,09 ^{ns}	
S x F	4	31,98 ^{ns}	1,53 ^{ns}	2,77 ^{ns}	0,24 ^{ns}	6,28 ^{ns}	0,66 ^{ns}	12,40 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,04 ^{ns}	101,89 ^{ns}	43,05 ^{ns}	383,87 ^{ns}	
S x D	8	226,58 ^{ns}	2,83 ^{ns}	8,39 ^{ns}	0,16 ^{ns}	9,78 ^{ns}	2,72 ^{ns}	94,55*	4,70*	0,06 ^{ns}	94,13 ^{ns}	22,88 ^{ns}	160,26 ^{ns}	
F x D	8	235,07 ^{ns}	2,39 ^{ns}	9,92*	0,82 ^{ns}	15,34*	1,44 ^{ns}	13,09 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,12 ^{ns}	302,43 ^{ns}	26,79 ^{ns}	173,72 ^{ns}	
S x F x D	16	147,44 ^{ns}	1,16 ^{ns}	1,68 ^{ns}	0,49 ^{ns}	4,08 ^{ns}	1,39 ^{ns}	6,64 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,02 ^{ns}	192,59 ^{ns}	21,22 ^{ns}	110,07 ^{ns}	
Resíduo	132	113,54	1,35	4,27	0,52	5,97	1,97	24,03	1,50	0,06	146,35	17,27	298,97	
CV%		34,67	23,54	65,36	65,85	57,56	23,99	37,36	42,29	55,22	206,86	249,94	182,69	

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

^{ns} Não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

H - altura da parte aérea; DC - diâmetro de coleto; PMSPA - peso de matéria seca da parte aérea; PMSR - peso de matéria seca da raiz; PMST - peso de matéria seca total; RHDC - relação entre a altura e diâmetro de coleto; RHPMPA - relação entre a altura e peso de matéria seca da parte aérea; RPMSPAR - relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e a raiz; IQD - índice de qualidade de Dickson; NODT - nódulos totais no sistema radicular; NODAT - nódulos ativos no sistema radicular; e RNODATNODT - relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular.

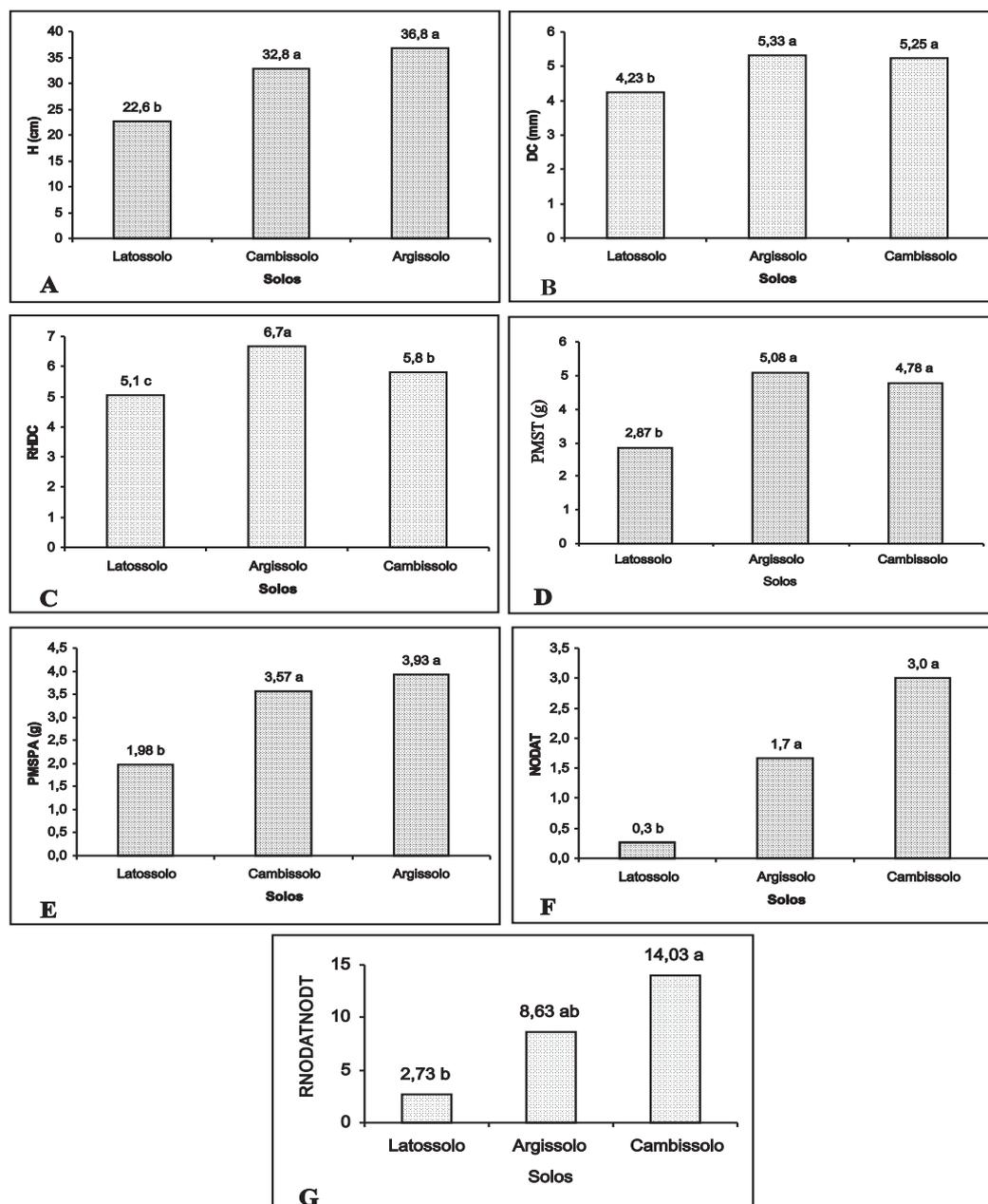


Figura 1 – Altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura diâmetro do coleto (RHDC), peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), matéria seca total (MST), nódulos totais no sistema radicular (NODT), nódulos ativos no sistema radicular (NODAT) e relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular (RNODATNODT) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), cultivadas em três tipos de solo (média de três fontes de N em cinco doses). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figure 1 – Height (H), stem diameter (DC), relation between height and stem diameter (RHDC), dry matter weight of the aerial part (PMSPA), total dry matter (MST), total number of nodules in root system (NODT), active nodules in root system (NODAT) and relation between active nodules and total nodules (RNODATNODT) of seedlings of jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), grown in three types of soil (means of three sources of N in five doses). Means followed by the same letter do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability.

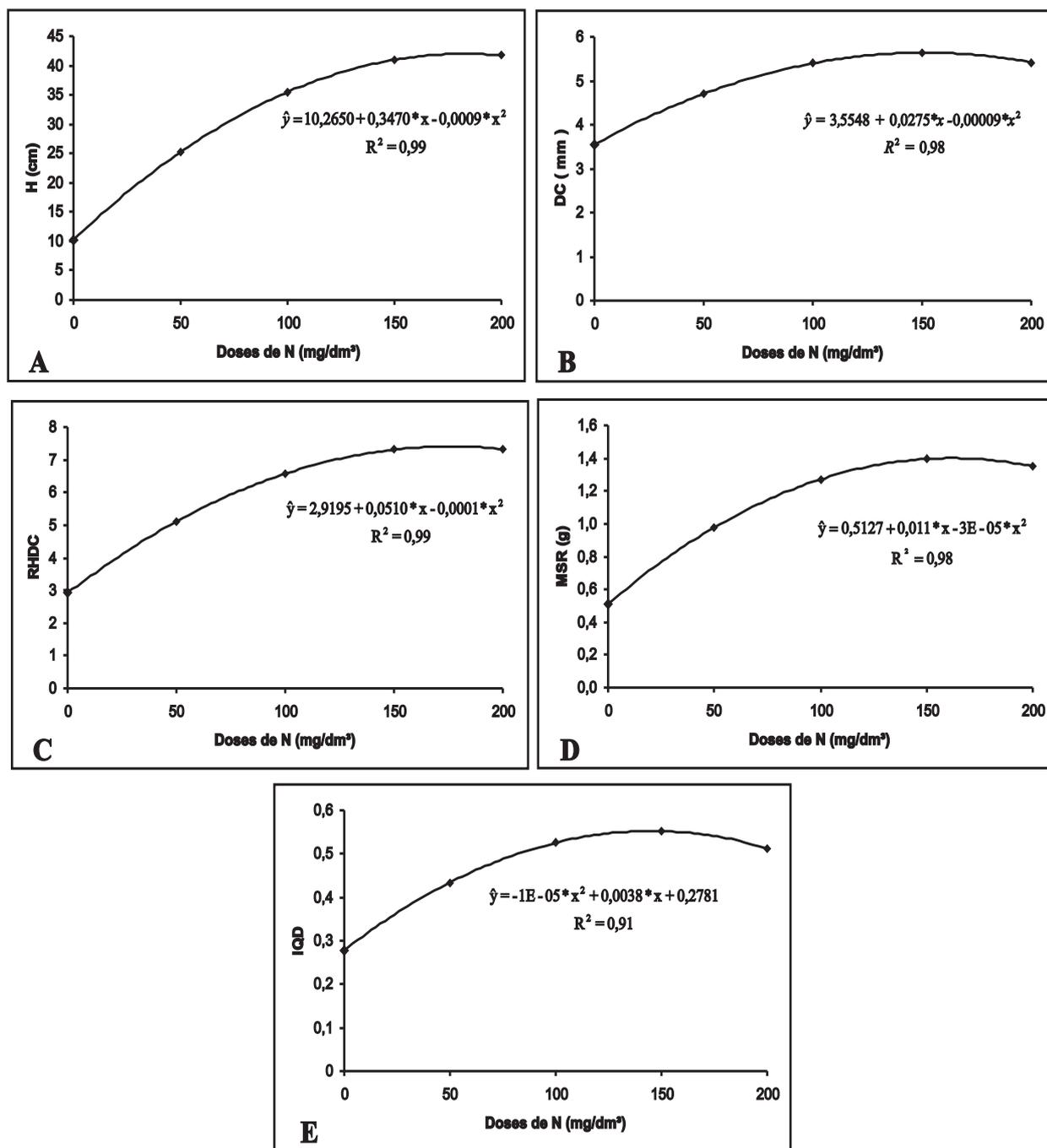


Figura 2 – Altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura diâmetro do coleto (RHDC), matéria seca de raiz (MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. * Significativo a 5% de probabilidade.

Figure 2 – Height (H), stem diameter (DC), relation between height and stem diameter (RHDC), dry matter weight of the roots (MSR) and Dickson's quality index (IQD) of seedlings of jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) in response to doses of nitrogen applied. * Significant at 5% probability.

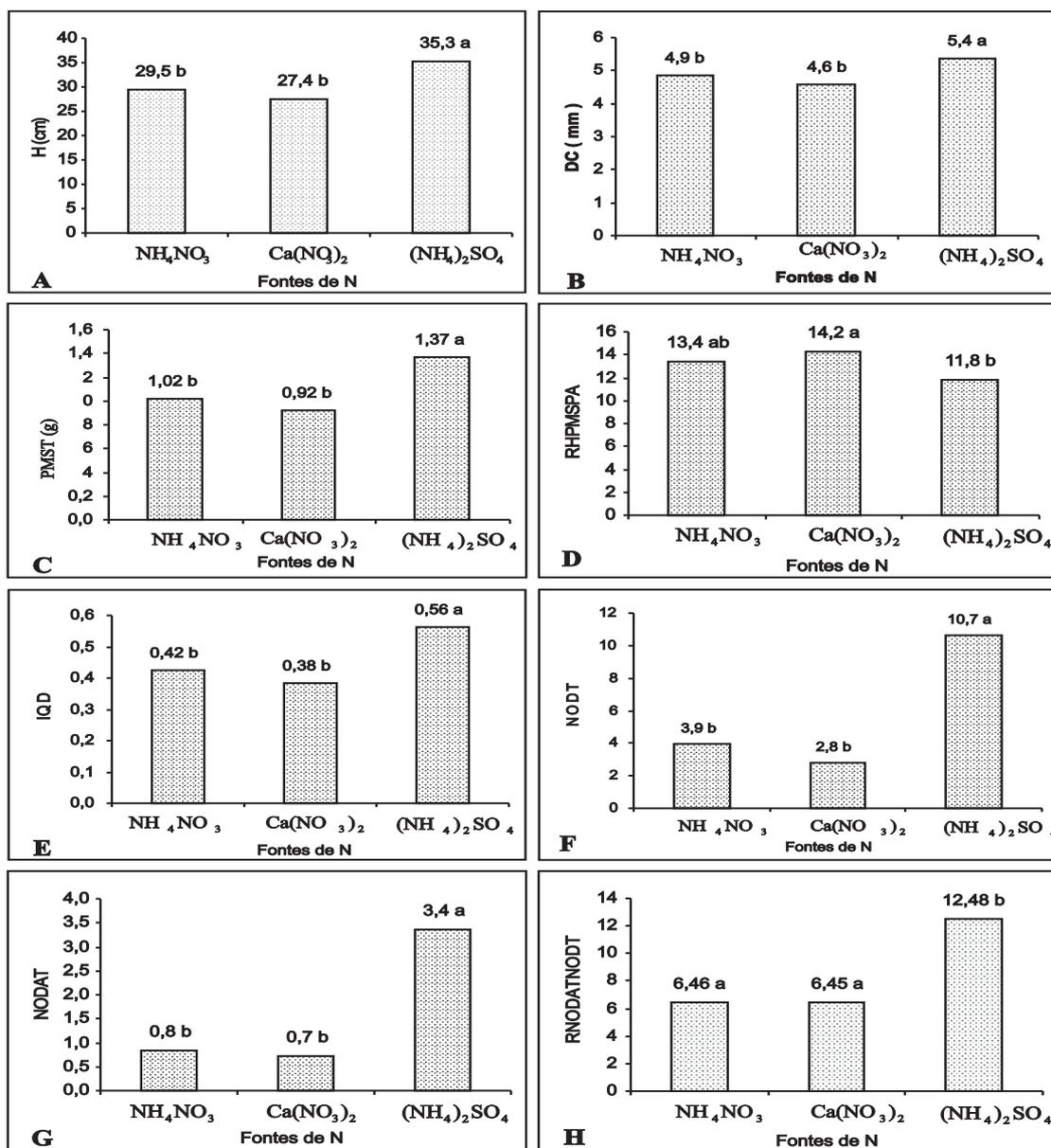


Figura 3 – Altura (H), diâmetro do coleto (DC), relação altura diâmetro do coleto (RHDC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST), matéria seca de raiz (MSR), relação altura e matéria seca de parte aérea (RHPMSPA), índice de qualidade de Dickson (IQD), nódulos totais no sistema radicular (NODT), nódulos ativos no sistema radicular (NODAT), relação entre os nódulos ativos e os nódulos totais do sistema radicular (RNODATNODT) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta a fontes de nitrogênio aplicadas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figure 3 – Height (H), stem diameter (DC), relation between height and stem diameter (RHDC), dry matter weight of the aerial part (MSPA), total dry matter (MST), dry matter of the roots (MSR), relation between height and dry matter aerial part (RHPMSPA), Dickson's quality index (IQD), total number of nodules in root system (NODT), active nodules in root system (NODAT) and relation between active nodules and total nodules (RNODATNODT) of seedlings of jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) in response to sources of nitrogen applied. Means followed by the same letter does not differ from each other by the Tukey test at 5% probability.

Para o DC não houve interação significativa dos fatores analisados, semelhantemente à H, entretanto foram observados os efeitos principais dos solos, fontes e doses (Tabela 2). Nos substratos utilizados, as maiores médias do DC (5,33 e 5,25 mm) foram obtidas das mudas produzidas no argissolo e cambissolo, respectivamente, que não diferiram entre si (Figura 1B). Nas fontes de N, a maior média do DC (5,4 mm) foi encontrada com a aplicação do sulfato de amônio (Figura 3B). Resultados semelhantes foram obtidos por Lemos (1996) em mudas de *Hevea brasiliensis*, em que maiores crescimentos em DC e H ao final do experimento foram obtidos nas plantas do tratamento que receberam só o nitrogênio na forma de amônio. Quanto ao efeito das doses aplicadas sobre o DC, constatou-se, por meio de modelo quadrático, que o ponto de máximo crescimento (5,64 mm) foi obtido com a aplicação de 151 mg/dm³ de N, independentemente da fonte aplicada (Figura 2B). Na produção de mudas de *Acacia mangium* em um Latossolo Vermelho-Amarelo, recomendaram-se 65 e 77 mg/dm³ de N para H e DC, respectivamente, na forma de nitrato de amônio (DIAS et al., 1991). Entretanto, neste trabalho recomendam-se para H e DC doses de N de 192,8 mg/dm³ e de 151 mg/dm³, respectivamente, usando como fonte o sulfato de amônio.

Na RHDC não houve interação significativa entre os fatores analisados, porém foram observados os efeitos principais de solo e dose, e não houve influência das fontes nitrogenadas (Tabela 2). Os melhores índices (5,1 e 5,8) foram encontrados em mudas produzidas no latossolo e cambissolo, respectivamente, indicando maior equilíbrio entre a média de H e DC (Figura 1C). Resultados semelhantes foram apresentados por Marques (2004) na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa*, em que os melhores índices da RHDC dessas espécies foram obtidos nos substratos latossolo e cambissolo. Quanto ao efeito das doses sobre RHDC, os melhores índices (2,91 e 5,10) foram observados nas menores doses aplicadas (0 e 50 mg/dm³), respectivamente (Figura 2C), comprovando um desequilíbrio entre as características envolvidas na determinação desse índice, devido aos altos níveis de N que tendem a promover maior crescimento em altura e menor em diâmetro de coleto (CARNEIRO, 1995).

De maneira geral, verificou-se que as mudas de jacaré responderam positivamente à aplicação de N-mineral, em termos de produção e distribuição de matéria seca. Para PMSPA, a interação solo x dose foi não-significativa, porém se verificou efeito significativo

das fontes de N aplicadas em relação às doses (fontes x doses), independentemente dos solos utilizados (Tabela 2). O efeito das doses de N testadas foi linear sobre o PMSPA nas três fontes de N estudadas, indicando que a máxima produção de matéria seca da parte aérea deverá ocorrer com doses de N superiores a 200 mg/dm³ (Figura 4-A). Entretanto, observou-se que a maior produção de matéria seca (7,43 g) foi alcançada com a aplicação da dose mais elevada de sulfato de amônio. Portanto, constatou-se a superioridade da fonte amoniacal, à semelhança do observado nas médias da H e DC. Locatelli et al. (1984b) verificaram, em mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em solução nutritiva, que o maior porcentual de N-NH₄⁺ foi exigido para a produção máxima da parte aérea, indicando a preferência da espécie por essa forma de N para o crescimento. Também em mudas de *Pseudotsuga menziesii*, verificou-se que o peso de matéria seca da parte aérea foi significativamente maior nos tratamentos com N-NH₄⁺ (DRIESSCHE, 1975; DANIEL e BIGG, 1978). Quanto ao efeito principal dos substratos utilizados, observou-se que as maiores médias de PMSPA foram encontradas no cambissolo e argissolo, os quais não diferiram entre si (Figura 1-E), sendo estatisticamente superiores ao substrato latossolo.

No PMSR, não houve significância entre os fatores analisados, porém se observaram os efeitos principais das doses e fontes (Tabela 2). No sulfato de amônio, observou-se o maior acúmulo de matéria seca (Figura 3C). Entretanto, Locatelli et al. (1984b), trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em solução nutritiva, verificaram maior produção de matéria seca de raízes quando a solução continha maior quantidade de N-NO₃⁻ em relação a N-NH₄⁺. Nas mudas de *Picea engelmannii* e *Pinus contorta*, o peso de matéria seca da raiz foi maior com a aplicação de N-NO₃⁻, enquanto em *Pseudotsuga menziesii* a aplicação de N-NH₄⁺ proporcionou maiores valores de PMSR (DANIEL e BIGG, 1978). Nas doses aplicadas, verificou-se que ocorre um ponto de máximo PMSR (1,40 g) com a aplicação de 161 mg/dm³ de N, independentemente da fonte utilizada (Figura 2D).

Houve diferença significativa no PMST entre as fontes e as doses, e também se verificou efeito principal dos solos (Tabela 2). Na dose de 200 mg/dm³ de N, o sulfato de amônio proporcionou maior produção de matéria seca (9,28 g), seguido do nitrato de amônio (5,95 g) e nitrato de cálcio (4,68 g) (Figura 4B). Adams e Attiwill (1982), avaliando a atividade da nitrato-redutase e a resposta de crescimento de espécies florestais à aplicação

de nitrato e amônio, observaram que o peso de matéria seca total de *Eucalyptus regnans* foi significativamente maior, enquanto no *Eucalyptus obliqua*, significativamente menor; *Pinus radiata* não apresentou resposta significativa às fontes de N aplicadas. Pereira et al. (1996) verificaram em *Senna macranthera*, *Senna multijuga*, *Jacaranda mimosaefolia* e *Melia azedarach* maior produção de matéria seca total na presença do N-NO₃. Quanto aos substratos utilizados, as maiores médias de biomassa seca total foram obtidas no argissolo e cambissolo que não diferiram entre si (Figura 1D).

A RHPMSPA apresentou resposta quadrática em razão das diferentes doses de N em cada um dos substratos (Tabela 2), obtendo-se os melhores valores desse índice, observados por pontos de mínimo, nas doses de 113, 159 e 134 mg/dm³, em latossolo, argissolo e cambissolo, respectivamente, independentemente da fonte aplicada (Figura 5A). Segundo Gomes (2001), normalmente essa relação não é utilizada como índice para avaliar o padrão de qualidade das mudas, mas pode ser de grande interesse para prever o potencial de sobrevivência das mudas no campo, e quanto menores os quocientes obtidos, maior sua capacidade de sobrevivência. Dessa forma, as mudas produzidas no latossolo, argissolo e cambissolo com a aplicação de, 113, 159 e 134 mg/dm³ de N, respectivamente, apresentam maior capacidade de sobrevivência após o plantio definitivo. Quanto a fontes de N aplicadas, verificou-se o melhor índice com aplicação do sulfato de amônio (Figura 3D).

A RPMSPAR não foi influenciada pelas fontes nitrogenadas, observando-se efeito significativo apenas na interação solos x doses (Tabela 2). Brissete (1984), citado por Gomes (2001), relatou, após um consenso de pesquisadores, que o índice “2,0” expressa a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca do sistema radicular. Dessa forma, considerando-se esse valor e as médias do índice obtidas em cada substrato, 2,17; 1,37; e 3,41 para latossolo, argissolo e cambissolo, respectivamente nas doses de 59,90; 49,92; e 26,54 mg/dm³ de N, respectivamente, as mudas produzidas no latossolo com a aplicação de 59,90 mg/dm³ de N teriam melhor padrão de qualidade (Figura 5B). Marques (2004), trabalhando com angico-vermelho, verificou melhor padrão de qualidade em mudas produzidas no argissolo e cambissolo.

Quanto ao IQD, pode-se verificar que as interações entre os fatores estudados não foram significativas, apresentando, assim, apenas os efeitos principais dos fatores fontes e doses (Tabela 2). A aplicação do sulfato de amônio produziu o maior índice; logo, mudas de melhor qualidade (Figura 3E). Das doses estudadas, a maior média estimada (0,55) de IQD seria obtida na dose de 190 mg/dm³ (Figura 2E). Segundo Carneiro (1995), na determinação de índices de qualidade, deve-se considerar alguns fatores como a espécie e a fertilidade do substrato, uma vez que estes exercerão influência no crescimento das plantas.

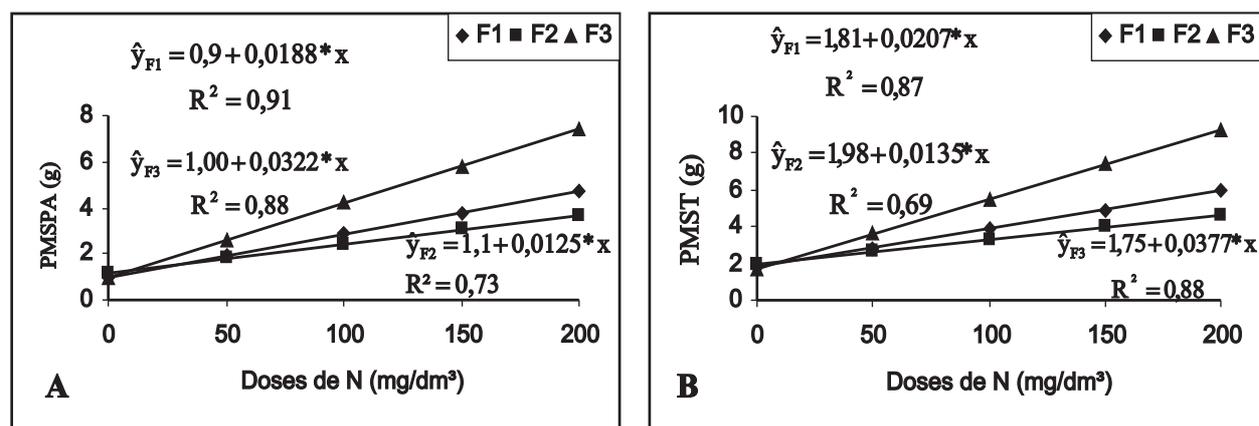


Figura 4 – Matéria seca de parte aérea (PMSPA) e total (PMST) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta às fontes de nitrogênio aplicadas (F1= nitrato de amônio, F2 = nitrato de cálcio e F3 = sulfato de amônio). * Significativo a 5% de probabilidade.

Figure 4 – Dry matter of the aerial part (PMSPA) and total (PMST) of seedlings of jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) in response to sources of nitrogen applied (F1= ammonium nitrate; F2= calcium nitrate, and F3= ammonium sulphate). * Significant at 5% probability.

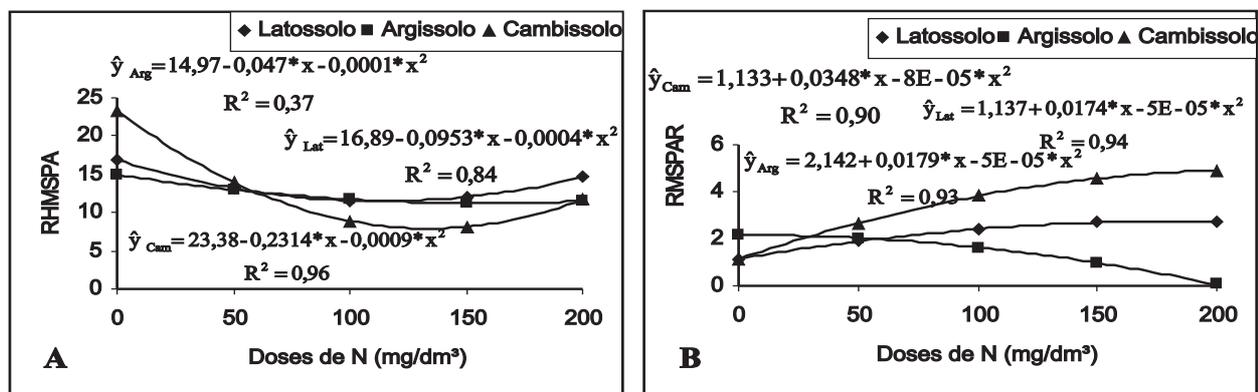


Figura 5 – Relação altura e matéria seca de parte aérea (RHPMSPA), relação matéria seca de parte aérea raiz (RMSPAR) de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em resposta a doses de N aplicadas, nos três solos estudados. * Significativo a 5 de probabilidade.

Figure 5 – Relation between height and dry matter of the aerial part (RHPMSPA) and relation between dry matter of the aerial part and root (RMSPAR) of seedlings of jacaré (*Piptadenia gonoacantha*) in response to doses of N applied, for the three soils studied. * Significant at 5% probability.

Verificou-se a presença de nódulos, decorrentes da associação simbiótica entre leguminosas-rizóbio, no sistema radicular das mudas de jacaré produzidas nos três substratos. Constatou-se o efeito principal de fontes de nitrogênio sobre a nodulação ativa total das mudas (Tabela 2), verificando maior número de nódulos (10,7 NODAT/planta) nas mudas que receberam como fonte o sulfato de amônio (Figura 3G). Gross et al. (2004), avaliando a nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina var. falcata* (angico-docerrado) em solo autoclavado e não-autoclavado, verificaram que a nodulação foi significativamente maior nas plantas inoculadas com fungos micorrízicos e rizóbios e inferiram que o fósforo absorvido e translocado pelas micorrizas para a planta poderia ter influenciado positivamente o estabelecimento e ocorrência de nódulos. Observaram também que o número de nódulos presentes nas plantas no experimento foi maior do que o das plantas de idade similar no seu ambiente natural. Essa inferência não se aplica a este trabalho devido à realização de uma adubação básica com 300 mg/dm³ de P, que provavelmente poderia ter inibido a formação de associações micorrízicas.

Sobre a atividade dos nódulos, verificou-se efeito principal de solos e fontes (Tabela 2). Constatou-se maior atividade da simbiose (3,0 NODAT/planta), ou seja, maior número de nódulos ativos, no cambissolo (Figura 1F), com a aplicação de sulfato de amônio (Figura 3G), independentemente das doses aplicadas. Portanto, pode-se inferir que no intervalo de doses de N aplicadas

neste experimento, mesmo as maiores doses, não foram excessivas a ponto de evitar o processo de estabelecimento da simbiose, que de acordo com Moreira e Siqueira (2002) inclui a pré-infecção (reconhecimento dos simbiontes e interação entre superfícies das bactérias e da planta); infecção da planta pela bactéria e formação de nódulo e funcionamento dos nódulos, ou seja, a fixação de nitrogênio.

Quanto à relação entre os nódulos ativos e totais na planta (RNOATNODT), verificou-se, entre os solos estudados, maior eficiência da nodulação em mudas cultivadas no cambissolo (Figura 1G) com a aplicação de sulfato de amônio (Figura 3H). Entretanto, em mudas de *Acacia mangium* a aplicação de sulfato de amônio inibiu a formação de nódulos, pois a nodulação da acácia é muito sensível ao N-mineral (FARIA et al., 1996).

O efeito depressivo do excesso de N sobre a fixação biológica de nitrogênio não foi verificada neste trabalho, pois, entre os três solos estudados, os piores valores de nódulos ativos foram encontrados nas menores doses aplicadas, o que indicou que as doses crescentes de N não foram suficientes para inibir o processo de nodulação.

4. CONCLUSÃO

As mudas de jacaré produzidas nos substratos argissolo e cambissolo proporcionaram as melhores médias em todas as características avaliadas. Tal fato se deveu em razão, provavelmente, de esses substratos apresentarem melhores características químicas e físicas

favoráveis ao crescimento das mudas, proporcionando, assim, melhores condições para a absorção e o crescimento radicular.

A aplicação do sulfato de amônio levou a ganhos em crescimento das mudas, sendo as melhores médias de todos os parâmetros morfológicos, com exceção das relações entre as características avaliadas, adquiridas com aplicação variando de 151 a 200 mg/dm³ de N.

Para a produção de mudas de jacaré nos substratos argissolos e cambissolos, recomendam-se utilizar doses de 175,5 mg/dm³ de N, aplicadas parceladamente aos 25, 50, 75 e 100 dias, tendo como fonte o sulfato de amônio.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo; ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida aos autores; e ao projeto PRODETAB 130-02/01, pelo financiamento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. A.; ATTIWILL, P. M. Nitraté reductase activity and growth response of forest species to ammonium and nitraté sources of nitrogen. **Plant and Soil**, v.66, n.3, p.373-381, 1982.
- ALVAREZ V., V. H. et al. Poda de raízes e adubação para crescimento do cafeeiro cultivado em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.1, p.111-119, 2006.
- BERNADINO, D. C. S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.863-870, 2005.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa - CNPF; Brasília: Embrapa - SPI, 1994. 640p.
- DANIEL, T. W.; BIGG, W. L. Effects of nitraté, ammonium and pH on the growth of conifer seedlings and their production of nitraté reductase. **Plant and Soil**, v.50, n.1-3, p.371-385, 1978.
- DIAS, L. E.; ALVAREZ, V., V. H.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de *Acácia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, v.15, n.1, p.11-22, 1991.
- DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas-fir seedlings to nitraté and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. **Plant and Soil**, v.42, n.3, p.685-702, 1975.
- FARIA, M. P. et al. Crescimento inicial da acácia em resposta a fósforo, nitrogênio, fungo micorrízico e rizóbio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.2, p.209-216, 1996.
- FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 63p.
- GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.
- GROSS, E.; CORDEIRO, L.; CAETANO, F. H. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.1, p.95-101, 2004.
- HERINGUER, E. P. Contribuição ao conhecimento da flora da Zona da Mata de Minas Gerais. **Boletim do Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas**, n.2, p.1-187, 1947.
- LEMOS, G. B. **Crescimento e atividade de enzimas de assimilação do nitrogênio em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) cultivadas em diferentes relações de nitraté e amônio**. 1996. 56f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1996.

LOCATELLI, M. et al. Efeito de formas de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.8, n.1, p.53-69, 1984b.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 2002. v.1. 368p.

MARQUES, V. B. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (benth.) brenan), jacarandá - da - bahia (*Dalbergia nigra* (vell.) fr. all. ex benth.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* benth.)**. 2004. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. p.305-329

PEREIRA, E. G. et al. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.9, p.653-662, 1996.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres, Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.

SANGINGA, N.; GWAJE, D.; SWIFT, M. J. Nutrient requirements of exotic tree species in Zimbabwe. **Plant and Soil**, v.132, n.2, p.197-205, 1991.