

CRESCIMENTO DE MUDAS DE GONÇALO-ALVES (*Astronium fraxinifolium*) SOB DIFERENTES FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO¹

Diego Gonçalves Feitosa², Kátia Luciene Maltoni³, Ana Maria Rodrigues Cassiolato³ e Monica Orlandi Paiano⁴

RESUMO – A degradação do cerrado e a perda de sua biodiversidade demandam a revegetação de áreas desse bioma, onde existem espécies com potencial de uso econômico e ambiental pouco conhecidos. Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de Gonçalo-Alves (*Astronium fraxinifolium*), espécie arbórea nativa do cerrado ameaçada de extinção. O experimento foi realizado em estufa na UNESP/Campus de Ilha Solteira. O solo utilizado (Latosolo Vermelho) foi coletado na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em Selvíria (MS). As fontes de nitrogênio utilizadas ((NH₄)₂SO₄, NH₄NO₃ e Ca(NO₃)₂) foram aplicadas nas doses de 0; 50; 100; 150 e 200 mg dm⁻³. O N aplicado na forma de Ca(NO₃)₂ apresentou melhor resultado para o solo utilizado. O crescimento das mudas de Gonçalo-Alves não foi influenciado pelas diferentes fontes de N, mas respondeu às doses. A altura da planta, o diâmetro do coleto, o teor de clorofila foliar, o peso da matéria fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, o peso seco total, bem como o IQD e a razão entre o peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, apresentaram valor máximo para doses que variaram de 59,0 a 72,5 mg dm⁻³ de N, permitindo sugerir a dose de 72,5 mg dm⁻³ de N como suficiente para o crescimento satisfatório de mudas de Gonçalo-Alves.

Palavras-chave: Cerrado, Área degradada e Reflorestamento.

GONÇALO ALVES' (*Astronium fraxinifolium*) SEEDLINGS GROWTH AT DIFFERENT NITROGEN SOURCES AND LEVELS

ABSTRACT – Degradation of cerrado and the loss of its biodiversity require the revegetation of the areas in this biome, where there are species with little known potential of economical and environmental use. The objective of this work was to evaluate the effect of different sources and levels of nitrogen on growth of seedlings of Gonçalo-Alves (*Astronium fraxinifolium*), tree species native from cerrado, threatened of extinction. The experiment was carried out in a greenhouse, at UNESP/Campus of Ilha Solteira. The soil used (Red Latosol) was collected from 0.0 to 0.20m layer in Selvíria (MS). The utilized sources of N, ((NH₄)₂SO₄, NH₄NO₃ and Ca(NO₃)₂), were applied at doses of 0; 50; 100; 150 and 200 mg dm⁻³. The N applied as Ca(NO₃)₂ presented the best results for the soil used. Gonçalo-Alves seedlings growth was not influenced by the N sources, but it responded to the doses of N. Height, stem diameter, content of leaf chlorophyll, fresh and dry matter weights of the aerial section, weights of fresh and dry matter of root system, total dry matter weight, as well as IQD and ratio of weight of dry matter of aerial section and root system presented maximum value for doses which ranged from 59.0 to 72.5 mg dm⁻³ N, suggesting the dose of 72.5 mg dm⁻³, as sufficient for a satisfactory growth of seedlings of Gonçalo Alves.

Keywords: Cerrado, Degraded area and Reforestation.

¹ Recebido em 27.02.2009 e aceito para publicação em 14.04.2011.

² Graduação em agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. E-mail: <diegogfeitosa@yahoo.com.br>.

³ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. E-mail: <maltoni@agr.feis.unesp.br> e <anamaria@bio.feis.unesp.br>.

⁴ Mestrado em andamento em MICROBIOLOGIA pelo IBILCE - Instituto de Biociências, Letras e Ciências exatas. E-mail: <monica_paiano@hotmail.com>.

1. INTRODUÇÃO

O cerrado, um dos mais importantes biomas brasileiros, vem sendo intensamente degradado nas últimas décadas, apresentando hoje apenas 20% de sua área original conservada (AGUIAR; CAMARGO, 2004). A degradação desse bioma vem sendo atribuída à expansão agrícola do País, que, segundo Souza et al. (2002), vem ocorrendo de forma irresponsável, sem preocupação com o desperdício do potencial de várias espécies nativas do cerrado. Esse bioma possui uma enorme variedade de espécies arbóreas que poderiam ser aproveitadas racionalmente em diversos setores da economia, além da grande quantidade de espécies que estão sendo destruídas sem que se tenha tido a oportunidade de estudá-las.

Gonçalo-Alves (*Astronium fraxinifolium*) é uma espécie arbórea de cerrado que, de acordo com a Portaria IBAMA n. 37-N, de 3 de abril de 1992 (IBAMA, 1992), está ameaçada de extinção. Da família Anacardiaceae, é considerada uma espécie pioneira e heliófita, característica de terrenos rochosos e secos, onde forma agrupamentos isolados (LORENZI, 1992) e de maior densidade em áreas de solos com melhores condições químicas (ALMEIDA et al., 1998). Essa espécie possui madeira pesada (densidade de $1,09 \text{ g cm}^{-3}$), compacta, rígida, de grande durabilidade sob condições naturais, o que a classifica como adequada para uso na construção civil e naval, na marcenaria, para confecção de dormentes a portas de fino acabamento, além de ser uma opção para o paisagismo por seu porte médio e beleza da copa (LORENZI, 1992).

Considerando a possibilidade de sua utilização em projetos de reflorestamento e arborização urbana, faz-se necessário produzir mudas que propiciem crescimento satisfatório quando transplantadas para o campo. Para isso, é importante fornecer condições adequadas para o desenvolvimento das mudas, melhorando sua qualidade por meio de nutrição mineral planejada (GONÇALVES et al., 2000) e considerando as informações fornecidas por Duboc e Guerrini (2007) sobre o elevado requerimento nutricional de nitrogênio por essa espécie. Desse modo, a fertilidade do substrato é muito importante, pois deve disponibilizar os nutrientes em quantidades balanceadas, e o conhecimento das exigências nutricionais da espécie é necessário ao estabelecimento de adubação apropriada. Para isso, Mendonça et al. (1999) sugerem a realização de trabalhos

que determinem a dosagem de cada nutriente a ser aplicada, dentre os quais o N, que se mostra limitante ao crescimento e à produção florestal (NAMBIAR, 1989).

A atual degradação do cerrado, em acordo com Salati et al. (2006), é um tema de grande importância para o futuro do Brasil, bem como a perda de sua biodiversidade, responsável pelo equilíbrio e pela estabilidade de todo o ecossistema. No cerrado, ainda são encontradas espécies pouco conhecidas, que podem ter potencial econômico e sustentável. Com base nessas premissas é que se desenvolveu este trabalho, com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de N sobre o crescimento de mudas de Gonçalo-Alves.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado de agosto de 2007 a janeiro de 2008, em estufa, na Faculdade de Engenharia, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira. O solo (Latossolo Vermelho Distrófico típico) utilizado para a produção das mudas foi passado em peneira com malha de 4 mm, coletado na profundidade de 0,0 a 0,20 m, em cerrado degradado, no município de Selvíria (MS), e apresentou as seguintes características químicas, em análise realizada de acordo com Raij e Quaggio (1983): pH 4,7; 21 g dm^{-3} de matéria orgânica; 12 mg dm^{-3} de P; $1,6 \text{ mmolc dm}^{-3}$ de K; 7 mmolc dm^{-3} de Ca; 5 mmolc dm^{-3} de Mg; 29 mmolc dm^{-3} de acidez potencial; 4 mmolc dm^{-3} de Al; $13,8 \text{ mmolc dm}^{-3}$ de soma de bases; CTC de $42,8 \text{ mmolc dm}^{-3}$ e 32% de saturação por bases.

As mudas de Gonçalo-Alves foram produzidas a partir de sementes coletadas em 17 árvores da espécie que germinaram em germobox (20 sementes/germobox). Três dias após a germinação, as plântulas foram acondicionadas individualmente em copos descartáveis (100 mL) contendo o solo descrito, sem nenhum tipo de fertilização. Aos 74 dias, foram transplantadas para sacos plásticos próprios com capacidade para 3 L.

O delineamento experimental utilizado foi o fatorial 3×5 , totalizando 15 tratamentos, com nove repetições. Os tratamentos consistiram de: três fontes de N ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 e $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) e cinco doses de N (0; 50; 100; 150 e 200 mg dm^{-3}). As doses de N foram aplicadas em cobertura, divididas em quatro aplicações, em intervalos de 30 dias, o que significa que foram aplicados $12,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de N para a dose de 50; $25,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de N para a dose 100; $37,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de N para a dose 150

e 50 mg dm⁻³ para a dose 200, a cada aplicação feita. Todos os tratamentos receberam 45 mg dm⁻³ de K₂O, 46,8 mg dm⁻³ de P₂O₅, 0,342 g dm⁻³ de calcário, incorporados ao solo na forma sólida, como KCl, superfosfato triplo e calcário calcítico, respectivamente, logo após o transplântio das mudas.

Todos os tratamentos foram inoculados com 100 g de solo como reinoculante de microrganismos, coletado na profundidade de 0 a 0,10 m em área de cerrado preservado, próxima do local de coleta do solo do experimento, tratando-se também de um Latossolo Vermelho Distrófico típico.

Medidas de altura (H) das plantas foram tomadas aos 30, 60, 120 e 150 dias após o transplântio para os sacos de mudas que continham o material dos tratamentos. Aos 150 dias de exposição aos tratamentos, quando as plantas tinham 224 dias de idade, o experimento foi desmontado e as mudas avaliadas conforme o diâmetro do coleto (DC), teor de clorofila foliar (TCF), peso da matéria fresca e seca da parte aérea (PMFPA e PMSPA), peso da matéria fresca (PMFR) e seca do sistema radicular (PMSR) e peso da matéria seca total (PMST). Foram obtidas as relações entre altura e diâmetro do coleto (H/DC), altura e peso da matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), razão entre peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular (PMSPA/PMSR) e o índice de qualidade de Dickson (IQD), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{PMST \text{ (g)}}{H \text{ (cm)} / DC \text{ (mm)} + PMSPA \text{ (g)} / PMSR \text{ (g)}}$$

O teor de clorofila foliar (TCF) foi medido com um clorofilômetro minolta SPAD – 500, cujas leituras foram feitas em duas folhas adultas do ápice de cada planta, tendo seus valores médios convertidos para mg cm⁻², por meio da equação: $Y = 0,0996x - 0,152$ (FURLANI JUNIOR et al., 1996).

No final do experimento, o solo passou por nova caracterização química seguindo a metodologia de Raij e Quaggio (1983).

Os dados foram avaliados por meio de análise de variância, com modelo fatorial 3x5, para F até 5%. As variáveis quantitativas, com respostas significativas, foram comparadas entre si por meio de regressão, e as demais pelo teste de Tukey.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de fertilidade do solo no final do experimento apresentaram diferenças significativas, com exceção de P, Mg e SB (Tabela 1). Para pH, houve diferença estatisticamente significativa para fontes, doses e interação fontes x doses de N (F < 0,0001), foram encontrados os maiores valores de pH na ausência de N, com redução deste à medida que

Tabela 1 – Médias de fósforo (P-resina), matéria orgânica (MO), potencial de hidrogênio (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V %), probabilidade de F e coeficiente de variação (CV) para o solo com diferentes fontes e doses de nitrogênio.

Table 1 – Averages of phosphorus (P-resin), organic matter (OM), pH, potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), potential acidity (H+Al), aluminum (Al), sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), base saturation (V%), F probability and coefficient of variation (CV), for the soil under different sources and doses of nitrogen.

Fontes de Variação	P-resina mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
				mmol _c dm ⁻³							
Fontes de N											
(NH ₄) ₂ SO ₄	3	6,0 b	4,5 c	0,80	6,13 b	5,5	24,5 a	4,3 a	12,5	37,0 a	34 b
NH ₄ NO ₃	3	6,6 a	4,6 b	0,69	5,40 b	5,0	23,5 a	3,0 b	11,1	34,5 ab	32 b
Ca(NO ₃) ₂	3	6,6 a	4,9 a	0,73	7,73 a	5,1	19,3 b	0,4 c	13,5	32,9 b	41 a
Probabilidade de F											
F ⁽¹⁾	.	4,50*	73,93**	1,23 ^{ns}	8,28**	0,74 ^{ns}	76,00**	96,46**	2,74 ^{ns}	6,71**	15,05**
D ⁽²⁾	.	1,33 ^{ns}	26,91**	14,37**	2,64 ^{ns}	1,60 ^{ns}	51,49**	44,95**	1,45 ^{ns}	11,45**	2,51 ^{ns}
F x D	.	2,21 ^{ns}	8,53**	0,96 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,76 ^{ns}	11,88**	14,95**	0,84 ^{ns}	1,67 ^{ns}	2,13 ^{ns}
CV (%)	.	10	2	27	25	25	5	31	23	9	13

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

^{ns}=valores não significativos; ** e * = valores significativos para P < 0,01 e < 0,05, respectivamente.

⁽¹⁾ F= Fontes de N.

⁽²⁾ D= Doses de N.

as doses de N aumentaram (Figura 1a). Isso pode ser explicado pela acidificação do solo promovida por alguns fertilizantes nitrogenados, que produzem H^+ , durante reações de nitrificação (TEIXEIRA et al., 2001). Entre as fontes de N testadas, o $Ca(NO_3)_2$ promoveu incrementos no pH, significativos em relação às demais fontes ($(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3), a partir da dose de 100 mg dm^{-3} de N (Tabela 2). As demais fontes promoveram igualmente uma acidificação significativa a partir da dose citada (100 mg dm^{-3}). Neto et al. (2006), ao confirmar a redução do pH do solo como efeito da nitrificação na utilização de $(NH_4)_2SO_4$, em experimento realizado com mamoeiro, corroboram esses resultados.

A aplicação de $Ca(NO_3)_2$ causou, além de incrementos nos valores do pH, aumentos significativos de cálcio, redução da acidez potencial (H+Al) e do Al do solo, permitindo afirmar que, das três fontes de N utilizadas, o $Ca(NO_3)_2$ apresentou resultados um pouco melhores (Tabela 1). As equações de regressão obtidas para as variáveis que apresentaram respostas significativas para doses de N (Tabela 1) seguem apresentadas na Figura 1, onde se observa comportamento linear decrescente em relação ao incremento nas doses de N para pH, e comportamento oposto, isto é, linear crescente para acidez potencial (H+Al), alumínio (Al) e CTC, comportamento inverso

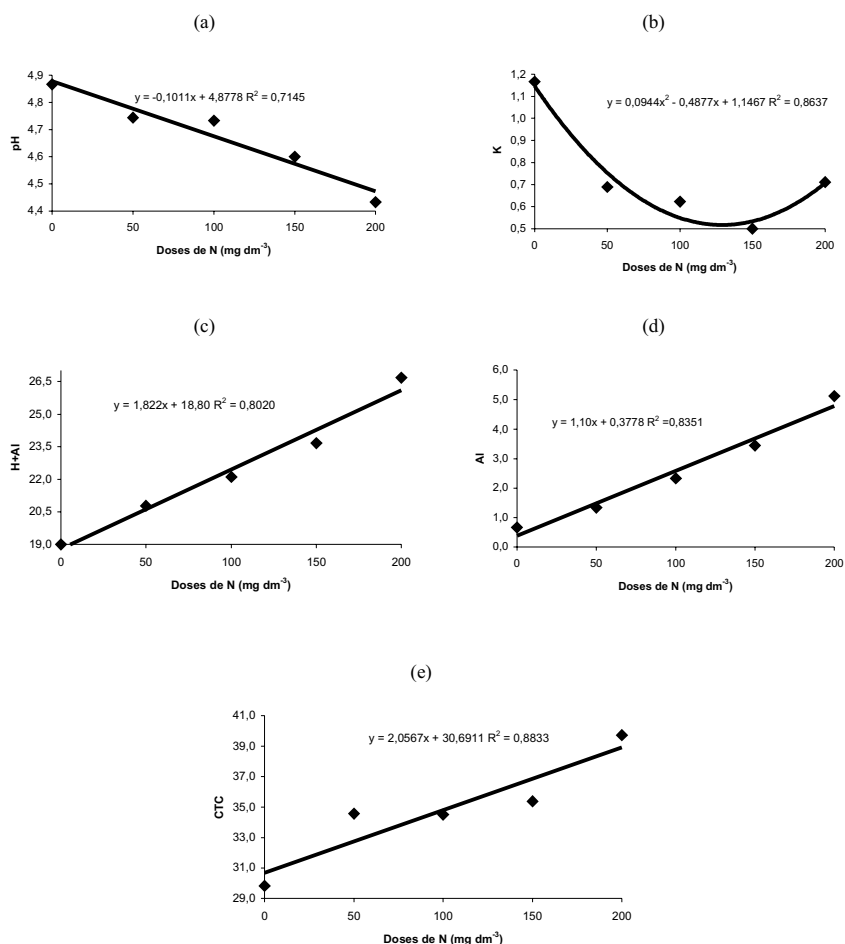


Figura 1– Equações de regressão ajustadas para (a) potencial de hidrogênio (pH), (b) potássio (K), (c) acidez potencial (H+Al), (d) alumínio (Al) e (e) capacidade de troca catiônica (CTC) para o solo, em função das doses de nitrogênio aplicadas (significância e valores de t para as equações no Anexo 1).

Figure 1 – Regression equations adjusted to (a) pH, (b) potassium (K), (c) potential acidity (H+Al), (d) aluminum (Al), and (e) cation exchange capacity (CTC), under the effect of different levels of nitrogen (significance and t values to equations in annex 1).

Tabela 2 – Desdobramento da interação fontes x doses de Nitrogênio para potencial de hidrogênio (pH), acidez potencial (H+Al) e alumínio (Al).**Table 2** – Interaction sources × levels of Nitrogen for pH, potential acidity (H+Al), and aluminum (Al).

Fontes de N	Doses de N em mg.dm ⁻³					Equações*	R ²
	0	50	100	150	200		
	pH						
(NH ₄) ₂ SO ₄	4,87 A	4,60 A	4,53B	4,33 B	4,20 B	Y=- 0,1600**x + 4,8267** t -15,54 191,41	0,9489
NH ₄ NO ₃	4,87 A	4,80 A	4,57B	4,50 B	4,30 B	Y=- 0,1433**x + 4,8933** t -6,44 89,80	0,7615
Ca(NO ₃) ₂	4,87 A	4,83 A	5,10A	4,97 A	4,80 A	ns	---
	H+Al						
(NH ₄) ₂ SO ₄	19,0 A	21,7 A	24,0B	26,7 B	31,3 B	Y=2,9667**x + 18,6000** t 10,75 27,52	0,8989
NH ₄ NO ₃	19,0 A	21,0 A	23,3B	25,0 B	29,0 B	Y=2,4000**x + 18,6667** t 10,36 32,89	0,8919
Ca(NO ₃) ₂	19,0 A	19,7 A	19,0A	19,3 A	19,7 A	ns	---
	Al						
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,7 A	2,0 A	4,0 B	6,0 B	9,0 C	Y=0,2381**x ² + 1,1143**x + 0,6762* t 3,48 3,57 2,57	0,9789
NH ₄ NO ₃	0,7 A	1,3 A	3,0 B	4,0 B	6,0 B	Y=1,3333**x + 0,3333** t 6,88 0,70	0,7843
Ca(NO ₃) ₂	0,7 A	0,7 A	0,0 A	0,3 A	0,3 A	ns	---

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, por variável e por dose de N, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

* Equações de Regressão para doses, dentro de cada uma das fontes, sua significância e valor de t. ns = não significativo.

ao do pH, o que está de acordo com Mello et al. (1983), pois, à medida que o pH diminui, ocorrem incrementos em Al trocável e H⁺ com efeitos sobre a CTC do solo. O potássio apresenta comportamento quadrático negativo, isto é, perda de K com incrementos nas doses de N, o que Luchese et al. (2001) explicam como uma característica do processo de acidificação dos solos.

Em relação ao solo em sua condição inicial, verifica-se redução da matéria orgânica de 21 para 6 mg dm⁻³, o que pode ser explicado pelas condições em que o experimento foi conduzido, isto é, temperaturas elevadas (estufa) e água em abundância, via rega, o que pode ter contribuído para sua redução acentuada (MIELNICZUK et al., 2003).

As medidas de altura de Gonçalves-Alves, tomadas ao longo do tempo, foram influenciadas pelas doses de N, pelo tempo e pela interação desses fatores (Tabela 3), e apresentaram-se semelhantes em todas as doses de N entre 30 e 60 dias de exposição aos tratamentos (Figura 2). Próximo dos 120 dias, verifica-se intensificação no crescimento das mudas (Tabela 4), devido ao estágio de desenvolvimento das plantas e às doses de N aplicadas, o que, aos 150 dias, aponta para a dose de

72,5 mg dm⁻³ de N como suficiente para o crescimento da planta em altura, que apresenta comportamento quadrático (Figura 3a), semelhante ao verificado por Marques et al. (2006b), em experimento realizado com mudas de jacarandá-da-bahia.

Nenhum dos parâmetros considerados para avaliação das mudas foi influenciado pelas fontes de N utilizadas (Tabela 5). A altura, o diâmetro do coleto, o teor de clorofila foliar, o peso da matéria fresca e seca da parte aérea, o peso da matéria fresca e seca do sistema radicular, a razão peso da matéria seca da parte aérea/peso da matéria seca da raiz, o peso seco total e os valores do Índice de Qualidade de Dickson apresentaram diferenças significativas apenas para as doses de N testadas (Tabela 5). Marques et al. (2006a) também verificaram ausência de resposta positiva para altura, diâmetro do coleto, peso da matéria seca total e peso da matéria seca da raiz de mudas de sabiá para diferentes fontes de N, encontrando respostas às diferentes doses de N aplicadas. Duboc e Guerrini (2007) também encontraram resultados positivos para diâmetro do colo de plantas de Gonçalves-Alves, em experimento conduzido em campo em função das doses de N aplicadas, que variaram de 0 a 40 kg ha⁻¹.

Tabela 3 – Médias de altura das mudas de Gonçalves-Alves em função de diferentes fontes e doses de nitrogênio ao longo do tempo. Probabilidade de F e Coeficiente de Variação (CV).

Table 3 – Means of heights of Gonçalves Alves seedlings as a function of different sources and doses of nitrogen, over time, F Probability and Coefficient of Variation (CV).

Fontes de Variação	ALTURA (cm)
Fontes de N (F)	
(NH ₄) ₂ SO ₄	12,1
NH ₄ NO ₃	12,3
Ca(NO ₃) ₂	11,7
Probabilidade de F	
F ⁽¹⁾	1,63 ^{ns}
D ⁽²⁾	44,70 ^{**}
T ⁽³⁾	593,69 ^{**}
FxD	1,72 ^{ns}
FxT	0,29 ^{ns}
TxD	12,69 ^{**}
FxDxT	1,00 ^{ns}
CV (%)	20

⁽¹⁾F=Fontes de Nitrogênio; ⁽²⁾D=Doses de Nitrogênio; e ⁽³⁾T=Tempo de experimentação (150 dias).

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ^{ns}=valores não significativos; ^{**} e ^{*}= valores significativos para P < 0,01 e < 0,05, respectivamente.

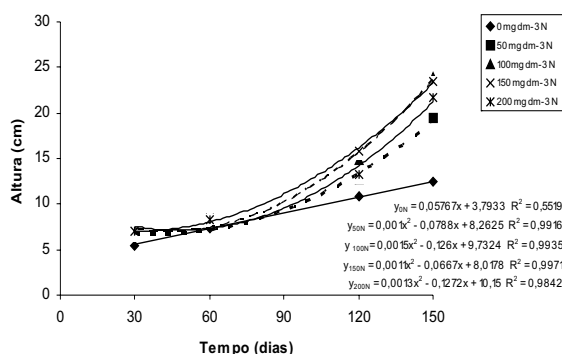


Figura 2 – Equações de regressão ajustadas para altura das mudas de Gonçalves-Alves, ao longo do tempo de exposição das mudas aos tratamentos e sob o efeito de diferentes doses de nitrogênio (significância e valores de t para as equações no Anexo 1).

Figure 2 – Regression equations adjusted to height of Gonçalves-Alves seedlings, over time in experimental conditions, under the effect of different doses of nitrogen (significance and t values to equations at annex 1).

O diâmetro de coleto máximo ocorreu com a dose de 65,75 mg dm⁻³ (Figura 3b), com comportamento quadrático, em relação às doses de N aplicadas. O teor de clorofila foliar apresentou valor máximo para a dose de 68,75 mg dm⁻³ de N (Figura 3c), e o menor valor na ausência de N, o que justifica, segundo Argenta et al. (2001), a aplicação de N, pois esse é encontrado em várias enzimas constituintes dos cloroplastos, portanto essencial ao desenvolvimento da planta.

Os pesos da matéria fresca e seca da parte aérea e da matéria fresca e seca da raiz apresentaram comportamento quadrático em relação às doses de N aplicadas, com valores máximos com as doses de 64,25; 63,75; 60,50; e 61,75 mg dm⁻³ de N, respectivamente, (Figuras 3d, 3e, 3f e 4a), não tendo sido observados melhores resultados na dose mais elevada de N (200 mg dm⁻³), permitindo indicar a dose de 64,25 mg dm⁻³ como suficiente para o crescimento satisfatório de mudas de Gonçalves-Alves para esses parâmetros.

Esses resultados são corroborados pelo índice de qualidade de Dickson, que indica a qualidade da muda produzida e que quanto maior o valor obtido melhor será a qualidade da muda (GOMES, 2001), cujo valor máximo foi encontrado para a dose de 59 mg dm⁻³, segundo equação quadrática que representa este comportamento (Figura 4b).

Nota-se ausência de efeitos tanto para fonte como para as doses de N aplicadas sobre as relações H/DC e H/PMSPA (Tabela 5). No entanto, a razão entre o peso da matéria seca da parte aérea e o peso da matéria seca da raiz (PMSPA/PMSR), bem como o peso da matéria seca total, apresentaram diferenças significativas para as doses de N aplicadas (Tabela 5), tendo na ausência de N os menores valores (Figura 4c e 4d), isto é, menor produção de biomassa. Segundo Parviainen (1981 *apud* MARQUES et al., 2006a), a razão PMSPA/PMSR pode

Tabela 4 – Desdobramento da interação tempo x doses de Nitrogênio para altura das mudas de Gonçalves-Alves.
Table 4 – Interaction time x levels of Nitrogen for height of Gonçalves-Alves seedlings.

Tempo de Experimentação (dias) para as doses de N aplicadas	Equações	R ²
30	Y= - 0,1437*x ² +1,2108*x + 4,5067 t= - 2,51 3,46 9,80	0,6737
60	Y= 0,2694**x + 7,1772** t= 3,75 30,09	0,7376
120	Y= 0,8006**x + 11,0728** t= 3,34 13,91	0,8123
150	Y= 2,2744**x + 13,3718** t= 6,81 12,07	0,7450
Doses de N (mg dm ⁻³) para os tempos analisados	Equações	R ²
0	Y= 2,4200**x + 2,9303** t= 9,06 4,01	0,7400
50	Y= 1,3528**x ² - 2,4061*x + 7,4667** t= 6,11 -2,14 5,35	0,8832
100	Y= 8,9319**x - 4,1697**x + 1,9958**x ² t= 6,14 -3,14 7,64	0,9074
150	Y= 1,5167**x ² - 1,8478**x + 6,8883** t= 6,56 -1,57 5,35	0,9217
200	Y= 1,8097**x ² - 4,1636*x + 9,4153** t= 4,68 -2,12 4,37	0,7622

* Equações de Regressão para altura, nos diferentes tempos e doses de Nitrogênio, sua significância e valor de t. ns = não significativo.

ser eficiente para expressar a qualidade das mudas, pois indica a proporção de crescimento entre parte aérea e raiz, permitindo inferir que as mudas de Gonçalves-Alves de melhor qualidade são aquelas que apresentaram maior valor para as variáveis citadas, o que ocorreu para PMSPA/PMSR em comportamento quadrático, com valor de máximo (Figura 4c) para a dose de 68,50 mg dm⁻³ de N e com 62,00 mg dm⁻³ de N para peso da matéria seca total (Figura 4d).

Pode-se dizer que a razão PMSPA/PMSR e o peso da matéria seca total foram influenciados positivamente pela aplicação de N, isto é, seus valores aumentaram com a aplicação de N, até o ponto de máximo citado. De acordo com Azevedo (2003 apud BERNARDINO et al., 2005), a produção de matéria seca tem sido considerada um dos melhores parâmetros para caracterizar a qualidade de mudas.

Todos os parâmetros de planta avaliados com comportamento significativo (Tabela 5) apresentaram na regressão comportamento quadrático (Figuras 3 e 4), indicando que, para as condições do experimento, a dose de 72,50 mg dm⁻³, considerando os pontos máximos

calculados, seria suficiente para promover resultados satisfatórios para a maioria das variáveis analisadas para planta.

As equações de regressão apresentadas têm seus valores de T e significância dos termos apresentados no Anexo 1.

4. CONCLUSÕES

O crescimento das mudas de Gonçalves-Alves não foi influenciado pelas fontes de N ((NH₄)₂SO₄, NH₄NO₃ e Ca(NO₃)₂) utilizadas, mas responderam às doses de N aplicadas.

A altura da planta, o diâmetro do coleto, o teor de clorofila foliar, o peso da matéria fresca e seca da parte aérea e do sistema radicular, o peso seco total, bem como o IQD e a razão entre o peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, apresentaram seus valores máximos com doses entre 59,0 e 72,5 mg dm⁻³ de N.

As análises realizadas indicam a dose de 72,5 mg dm⁻³ de N como suficiente para o crescimento satisfatório dessas mudas.

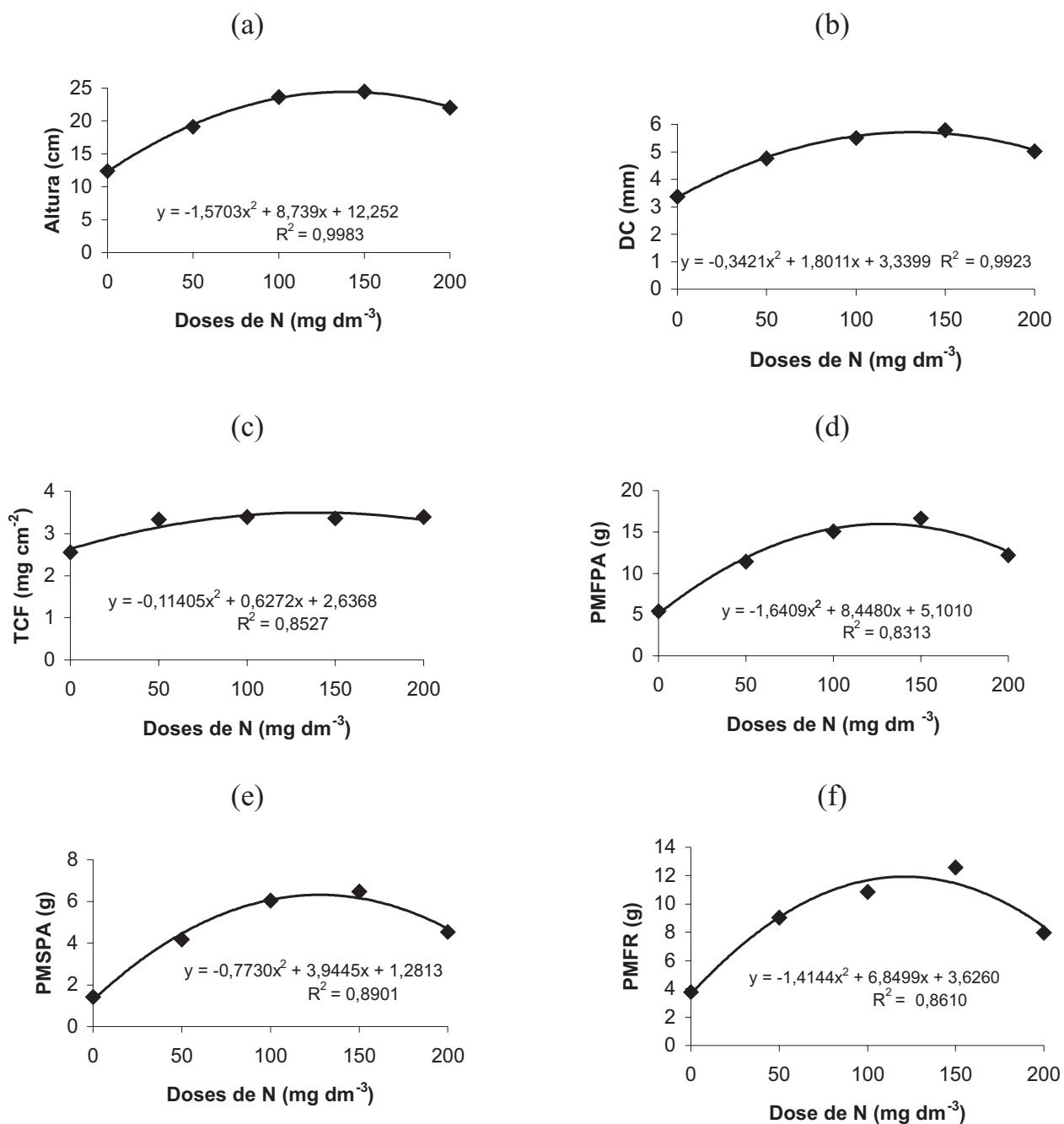


Figura 3 – (a) Altura; (b) diâmetro do coleto (CD); (c) teor de clorofila foliar (TCT); (d) peso da matéria fresca da parte aérea (PMFPA); (e) peso da matéria seca da parte aérea (PMSPA); e (f) peso da matéria fresca da raiz (PMFR) do Gonçalo-Alves, aos 150 dias de cultivo nos tratamentos, em resposta às doses de N aplicadas (significância e valores de t para as equações no anexo 1).

Figure 3 – Gonçalo-Alves (a) height; (b) stem diameter (DC); (c) leaf chlorophyll content (TCT); (d) shoot fresh weight (PMFPA); (e) shot dry weight (PMSPA); and (f) root fresh matter weight (PMFR), at 150 days under treatments, in response to applied nitrogen levels (significance and t values to equations at annex 1).

Tabela 5 – Médias de altura (H), diâmetro do coleto (DC), teor de clorofila foliar (TCF), peso da matéria fresca (PMSPA) e seca da parte aérea (PMSPA) e do sistema radicular (PMFR e PMSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), altura/peso da matéria seca da parte aérea (H/PMSPA), peso da matéria seca da parte aérea/peso da matéria seca da raiz (PMSPA/PMSR), peso da matéria seca total (PMST), probabilidade de F e coeficiente de variação experimental (CV), de mudas de Gonçalves-Alves em diferentes fontes e doses de nitrogênio, aos 150 dias de cultivo nos tratamentos.

Table 5 – Plant height (H), stem diameter (DC), leaf chlorophyll content (TCF), weight of fresh matter (PMSPA) and dry matter of shoot (PMSPA) and root system (PMFR and PMSR), Dickson quality index (IQD), relation height/stem diameter (H/DC), height/aerial part dry matter weight (H/PMSPA), root:shoot dry weight ratio (PMSPA/PMSR), total dry matter weight (PMST), F probability and experimental coefficient of variation (CV), of Gonçalves-Alves seedlings under different sources and doses of nitrogen, at 150 days under treatments.

Fontes de Variação	H (cm)	DC (mm)	TCF (mg cm ⁻²)	PMFPA (g)	PMSPA (g)	PMFR (g)	PMSR (g)	H/DC	H/PMSPA	PMSPA/PMSR	PMST	IQD
Fontes de N (F)												
(NH ₄) ₂ SO ₄	20,64	4,85	3,26	12,91	4,31	9,56	2,70	4,26	4,79	1,63	7,01	1,21
NH ₄ NO ₃	20,41	5,16	3,19	12,63	4,83	8,93	3,14	3,96	4,23	1,54	7,97	1,45
Ca(NO ₃) ₂	19,88	4,66	3,18	10,92	4,45	8,02	2,74	4,26	4,47	1,62	7,19	1,21
Probabilidade de F												
F ⁽¹⁾	0,09 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,79 ^{ns}	3,01 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,78 ^{ns}
D ⁽²⁾	8,45 ^{**}	6,46 ^{**}	9,12 ^{**}	6,52 ^{**}	8,11 ^{**}	7,86 ^{**}	6,55 ^{**}	1,65 ^{ns}	2,44 ^{ns}	2,71 [*]	9,32 ^{**}	6,65 ^{**}
FxD	0,30 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,56 ^{ns}
CV (%)	25	23	11	21	23	19	20	13	12	16	21	23

⁽¹⁾F=Fontes de Nitrogênio; e ⁽²⁾D=Doses de Nitrogênio.

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, por fonte de variação, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5%. ^{ns}=valores não significativos; ^{**} e ^{*}= valores significativos para P < 0,01 e < 0,05, respectivamente.

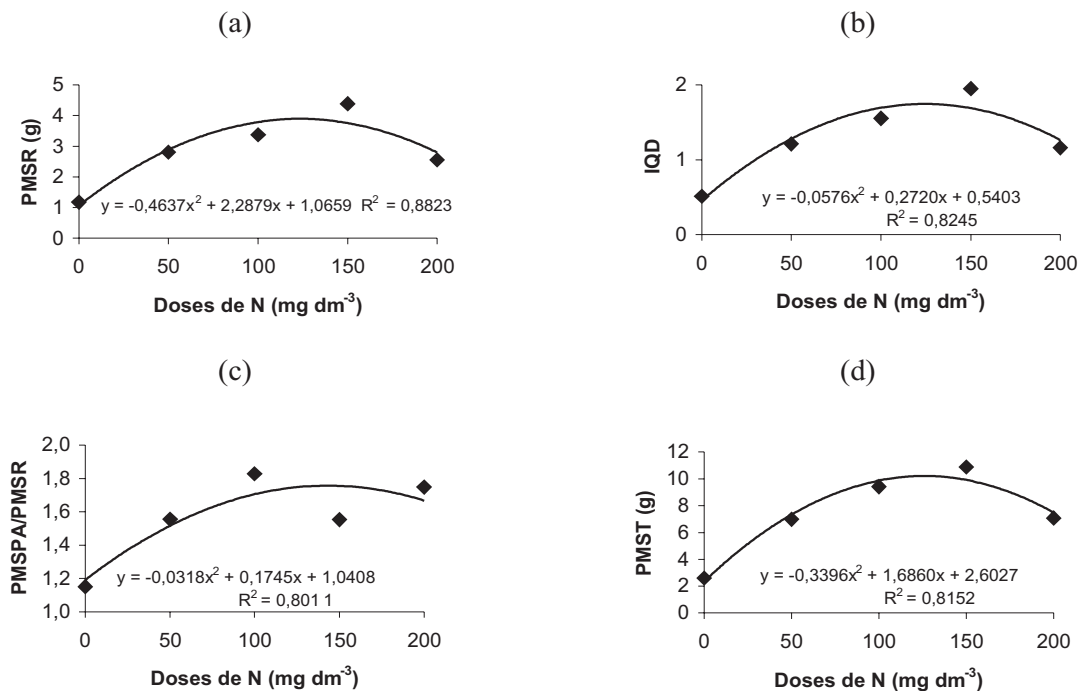


Figura 4 – (a) Peso da matéria seca da raiz (PMSR); (b) índice de qualidade de Dickson (IQD); (c) relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz (PMSPA/PMSR); e (d) peso da matéria seca total (PMST) do Gonçalves-Alves, em resposta às doses de N aplicadas (significância e valores de t para as equações no anexo 1).

Figure 4 – Gonçalves-Alves (a) root dry matter weight (PMSR); (b) Dickson quality index (IQD); (c) root:shoot dry weight ratio (PMSPA/PMSR); (d) total dry matter weight (PMST) in response to applied nitrogen levels (significance and t values to equations at annex 1).

Anexo 1– Equações de regressão, significância de seus termos e respectivos valores de t.
Annex 1 – Regression equations, significance of its terms and their values of t.

Localização da equação no texto	Equações, significância e respectivos valores de T	R ²
Figura 1 (a)pH	Y= -0,1011x ^{**} +4,8778 ^{**} t -4,14 81,63	0,7145
Figura 1 (b)K	Y=0,0944x ^{2**} - 0,4877x ^{**} + 1,1466 ^{**} t 5,25 -6,50 18,10	0,8637
Figura 1 (c)H + Al	Y=1,8222x ^{**} +18,80 [*] t 5,53 23,29	0,8020
Figura 1 (d)Al	Y=1,10x ^{**} +0,3777 ^{ns} t 4,66 0,65	0,8351
Figura 1 (e)CTC	Y=2,0566x ^{**} + 30,6911 ^{**} t 5,17 31,49	0,8833
Figura 2 Dose 0 de N	Y _{0N} = 0,05767x ^{**} + 3,7933 ^{**} t 6,00 9,29	0,5519
Figura 2 Dose 50 de N	Y _{50N} = 0,001x ^{2**} - 0,0788x [*] + 8,2625 ^{**} t 7,51 -2,55 5,96	0,9916
Figura 2 Dose 100 de N	Y _{100N} = 0,0015x ^{2**} - 0,126x ^{**} +9,7324 ^{**} t 7,48 -3,60 7,62	0,9935
Figura 2 Dose 150 de N	Y _{150N} =0,0011x ^{2**} - 0,0667x ^{**} +8,0178 ^{**} t 6,72 -2,19 7,35	0,9971
Figura 2 Dose 200 de N	Y _{200N} = 0,0013x ^{2**} - 0,1272x [*] + 10,15 ^{**} t 4,56 -2,38 5,29	0,9842
Figura 3 (a) Altura	Y=-1,5703x ^{2**} + 8,739x ^{**} + 12,2520 ^{**} t -3,97 5,30 8,80	0,9983
Figura 3 (b) DC	Y=-0,3421x ^{2**} + 1,8011x ^{**} + 3,3399 ^{**} t -3,85 4,86 10,68	0,9923
Figura 3 (c) TFC	Y=-0,1141x ^{2**} + 0,6272x ^{**} + 2,6368 ^{**} t= 3,65 4,81 23,98	0,8527
Figura 3 (d) PMFPA	Y=-1,6409x ^{2**} + 8,4480x ^{**} + 5,1010 ^{**} t -4,05 5,00 3,58	0,8313
Figura 3 (e) PMSPA	Y=-0,7730x ^{2**} + 3,9445x ^{**} + 1,2813 [*] t 2,19 5,69 2,19	0,8901
Figura 3 (f) PMFR	Y=-1,4144x ^{2**} + 6,8499x ^{**} + 3,6260 ^{**} t -4,88 5,67 3,55	0,8610
Figura 4 (a) PMSR	Y=-0,4637x ^{2**} + 2,2879x ^{**} + 1,0659 ^{**} t -4,00 4,73 2,61	0,8823
Figura 4 (b) IQD	Y=-0,0576x ^{2**} + 0,2720x ^{**} + 0,5403 ^{**} t -3,84 4,34 10,21	0,8245
Figura 4 (c) PMSPA/PMSR	Y=-0,0318x ^{2*} + 0,1745x [*] + 1,0408 ^{**} t -2,03 2,66 18,83	0,8011
Figura 4 (d) PMST	Y=-0,3396x ^{2**} + 1,6860x ^{**} + 2,6027 ^{**} t -5,18 6,16 11,27	0,8152

** , * = Valores significativos a 1 e 5% respectivamente; ns = Valores não significativos; e t= Valores de t, para os índices da equação, para P < 0,05

5. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. (Orgs.). **Ecologia e caracterização do cerrado**. Brasília: Embrapa, Informação Tecnológica, 2004. 249p.
- ALMEIDA, S. P. et al. **Cerrado**: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p.67-71.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p.715-722, 2001.

- BERNARDINO, 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
- CARDOSO NETO, F.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G. Nitrogênio residual em solos adubados. **Caatinga**, v. 19, n. 2, p.161-168, 2006.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p.10-13, 1960.
- DUBOC, E.; GUERRINI, I. A. Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de matas de galeria no domínio do cerrado em resposta à fertilização. **Energia Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2007.
- FURLANI JUNIOR, E. et al. Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro. **Bragantia**, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.
- 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.
- IBAMA - **Portaria Nº 37-N, 3 de abril de 1992**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/legislacao/federal/portarias/1992_Port_IBAMA_37.pdf.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001. p.111.
- MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) **Scientia Forestalis**, n. 71, p. 77-85, 2006a.
- MARQUES, V. B. et al. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.725-735, 2006b.
- MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. p.45-72.
- MENDONÇA, A. V. R. et al. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (Aroeira do Sertão). **Revista Cerne**, v. 5, n. 2, p.65-75, 1999.
- MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N. et al. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.
- NAMBIAR, E. K. S. Plantation forests: their scope and perspective n plantation nutrition. In: BOWER, G. D.; NAMBIAR, E. K. S. (Eds.) **Nutrition of plantation forest**. London: Academic Press, 1989. p.1-15.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- SALATI, E.; SANTO, Â. A.; KLABIN, I. Temas ambientais relevantes. **Estudos Avançados**, v.20, n.56, p.107-127, 2006.
- SOUZA, E. R. B. et al. Crescimento e sobrevivência de mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC) nas condições do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p.491-495, 2002.
- TEIXEIRA, L. A. J.; WILLIAM, N.; RUGGIERO, C. Alterações em alguns atributos químicos do solo decorrentes da irrigação e adubação nitrogenada e potássica em bananeira após dois ciclos de cultivo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n. 3, p. 684-689, 2001.

