

VANDERLEIA BRAGA MARQUES

**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.).**

Tese 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  
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M357e  
2004

Marques, Vanderleia Braga, 1975-

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.) / Vanderleia Braga Marques. – Viçosa : UFV, 2004.

xi, 84f. : il. ; 29cm.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Árvores - Mudas - Produção. 2. Mudas - Nutrição.  
3. Mudas - Crescimento. 4. Mudas - Adubos e fertilizantes. 5. Fertilizantes nitrogenados. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9181523

VANDERLEIA BRAGA MARQUES

**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.).**

Tese 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: 20 de agosto de 2004.

---

Prof. Dr. José Mauro Gomes  
(Conselheiro)

---

Prof. Dr. Júlio César Lima Neves  
(Conselheiro)

---

Prof. Dr. Herly Carlos Teixeira Dias

---

Prof. Ph. D. Nairam Félix de Barros

---

Prof. Dr. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Orientador)

**Dedico,**

A meus pais José Francisco Marques e Gracinha Braga Marques pelo exemplo, sacrifício e amor doados durante toda a minha vida.  
A meu irmão Vanderlei Braga Marques, pelo carinho, amizade e estímulo.  
A todos os familiares e amigos, pelo carinho e apoio.

**Eterna gratidão**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e confiança depositadas.

Em especial, ao Professor Haroldo Nogueira de Paiva, pela amizade, pela orientação, pela dedicação e pelos ensinamentos transmitidos na realização deste trabalho.

Aos meus conselheiros Prof. José Mauro Gomes e Prof. Júlio César Lima Neves, pelos conhecimentos transmitidos, pelas sugestões, pelo apoio e pela amizade.

Aos demais membros da banca examinadora, Prof. Herly Carlos Teixeira Dias e Prof. Nairam Félix de Barros, pelas sugestões oportunas.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo no decorrer do curso.

Ao Projeto PRODETAB 130-02/01 pelo financiamento do presente trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal pelos ensinamentos nas disciplinas cursadas.

Ao Prof. Cecon pela amizade, dedicação e ajuda indispensáveis para o êxito deste trabalho.

A Mestranda Christiany Araújo Cardoso pela amizade fraternal, pelo apoio, pelo incentivo e pela compreensão incondicionais em todos os momentos.

A todos os amigos do curso de Pós-Graduação, em especial à Daíse de Souza Bernardino, Elzimar de Oliveira Gonçalves, Paulo Henrique de Souza, Wagner Patrício, Maurício, Rosalvo, Emerson, pela amizade, pelo estímulo, pelo apoio e enfim, pela agradável convivência.

À Ritinha e ao Fredy, pela competência, pelo apoio e pela amizade na secretaria da pós-graduação.

Aos funcionários do Viveiro, Geraldo Magela, Sebastião, João, Maurício, Vicente, Adão, Antônio, José Raimundo e José Luís, pelo apoio, pela dedicação e pela amizade.

Aos Engenheiros Florestais Reginaldo Gonçalves Mafia e Eraclides, e ao Engenheiro Agrônomo Enrique Anastácio Alves, pelas sugestões, ajuda e amizade, durante o transcorrer do experimento.

Ao Professor Eduardo Euclides de Lima e Borges e aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes Florestais – Silvicultura, em especial a Geraldo Machado e Márcio pelo auxílio, amizade e pelo apoio durante a fase de laboratório.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, pelo incentivo e amizade.

Finalmente, a todas as pessoas que, de algum modo, contribuíram para que meu objetivo fosse alcançado.

## **BIOGRAFIA**

Vanderleia Braga Marques, filha de José Francisco Marques e Gracinha Braga Marques, nasceu em 21/12/1975, em Vitória, ES, Brasil.

Em 1997, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em maio de 2002.

Em setembro de 2002, iniciou o curso de Pós-Graduação, em nível de mestrado, em Ciência Florestal, no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 20 de agosto de 2004, obtendo o título de *Magister Scientiae*.

## ÍNDICE

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
Capítulo 1: Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de angico vermelho ( <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan).	
RESUMO.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto.....	15
3.2. Peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raízes e peso de matéria seca total.....	20
3.3. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes e índice de qualidade de Dickson.....	25
3.4. Nodulação.....	28
4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO.....	29

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 30

Capítulo 2: Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.).

RESUMO..... 32

1. INTRODUÇÃO..... 34

2. MATERIAL E MÉTODOS..... 36

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 41

3.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto..... 41

3.2. Peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raízes e peso de matéria seca total..... 46

3.3. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes e índice de qualidade de Dickson..... 51

3.4. Nodulação..... 55

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO..... 55

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 56

Capítulo 3: Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.).

RESUMO..... 58

1. INTRODUÇÃO..... 60

2. MATERIAL E MÉTODOS..... 62

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 67

3.1. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto e relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto..... 67

3.2. Peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raízes e peso de matéria seca total..... 72

3.3. Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea, relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes e índice de qualidade de Dickson..... 76

3.4. Nodulação..... 80

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO..... 82

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 83

## RESUMO

MARQUES, Vanderleia Braga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **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.)**. Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Conselheiros: José Mauro Gomes e Júlio César Lima Neves.

A grande potencialidade das espécies florestais nativas para plantios justifica a condução de estudos mais detalhados visando a melhor qualidade das mudas. Dentre outros fatores, a nutrição mineral influencia fortemente a qualidade das mudas. O nitrogênio é o nutriente que tem causado mais influência à qualidade de mudas nos estágios iniciais de crescimento. Contudo há poucas informações sobre os padrões de absorção e assimilação do nitrogênio por essas espécies. Neste estudo objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no 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.). As plantas foram cultivadas em porções de três solos (argissolo, cambissolo e latossolo), contidas em vasos com capacidade de 1,5 dm<sup>3</sup> de solo. O experimento foi conduzido no período de novembro de 2003 a março de 2004,

em Viçosa, Minas Gerais. As fontes de N utilizadas foram nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N) igualmente parceladas e aplicadas aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial (3 x 5 x 3), com quatro repetições. Na colheita, aos 125 dias após a semeadura, de modo geral, as mudas das três espécies estudadas apresentaram comportamento semelhante, respondendo à adubação nitrogenada, verificando-se melhor padrão de qualidade para mudas produzidas no substrato argissolo, tendo como fonte o sulfato de amônio, com uma dose média de 180 mg/dm<sup>3</sup> de N.

## ABSTRACT

MARQUES, Vanderleia Braga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, august 2004. **Effect of sources and doses of nitrogen on the seedlings growth of angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) and sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.).** Advisor: Haroldo Nogueira de Paiva. Committee members: José Mauro Gomes and Júlio César Lima Neves.

The great potentiality of the native forest species for plantations justifies the conduction of more detailed studies seeking seedlings best quality. Other factors, the mineral nutrition influences the quality of the seedlings. O nitrogen strongly it is the nutrient that has been causing more influence to the seedlings quality in the initial apprenticeships of growth. However there are little information about the absorption patterns and assimilation of the nitrogen for those species. In this study it was objectified to evaluate the effect of sources and doses of nitrogen in the seedlings growth of angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) and sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). The plants were cultivated in portions of three soils (argissolo, cambissolo and latossolo), contained in vases with capacity of 1,5 dm<sup>3</sup> of soil. The experiment was carried out in the period of november of 2003 to march of 2004, in Viçosa,

Minas Gerais. The sources of used N were nitrate of ammonium, nitrate of calcium and sulfate of ammonium in five doses (0, 50, 100, 150 and 200 mg/dm<sup>3</sup> of N) equally parceled out and applied at the 25, 50, 75 and 100 days after sowing. The entirely randomized experimental design was used in a factorial arrangement (3 x 5 x 3), with four replications. In the crop, 125 days after sowing, in general, the dumb of the three studied species presented similar behavior, answering to the nutrition nitrogen, being verified best quality pattern for seedlings produced in the substratum argissolo, tends as source the sulfate of ammonium, with a medium dose of 180 mg/dm<sup>3</sup> of N.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente nos viveiros florestais, a maior dificuldade na produção de mudas de espécies nativas é determinar quais práticas de manejo alteram a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas após o plantio definitivo e quais as características das plantas que se correlacionam com esses fatores (FONSECA, 2000). Dessa forma, as pesquisas nessa área têm visado a obtenção de técnicas para produção de mudas de espécies florestais nativas com alto padrão de qualidade, mediante o uso de recipientes, substratos, fertilizantes, irrigações, densidades e podas mais adequados.

A classificação da qualidade das mudas é fundamental, pois refletirá aumento no percentual de sobrevivência após o plantio definitivo, e reduzirá a frequência dos tratos culturais de manutenção (CARNEIRO, 1995). Contudo, o objetivo desta classificação, é atingir uma qualidade em que as mudas possam resistir a condições adversas.

A qualidade das mudas pode ser expressa por aspectos fenotípicos, como altura, diâmetro do coleto e peso de matéria seca, denominados de morfológicos, sendo normalmente os mais empregados por serem de fácil entendimento e avaliação, ficando em segundo plano os de ordem fisiológica, por exigirem medições mais complexas.

Um aspecto de grande importância na produção de mudas com alto padrão de qualidade, é o conhecimento sobre o comportamento nutricional das espécies. A nutrição de mudas de espécies florestais depende de características físicas e químicas do substrato utilizado. As plantas respondem de maneira distinta à disponibilidade de nutrientes no substrato, apresentando diferentes necessidades fisiológicas, que causam diversidades no seu metabolismo e constituição (CHAPIN, 1980).

De maneira geral, dentre todos os nutrientes, o nitrogênio tem o mais importante efeito no aumento da produção vegetal, tanto em ecossistemas naturais quanto nos cultivados, o que é refletido no grande consumo de fertilizantes nitrogenados. Por ser um elemento afetado por uma dinâmica complexa, o N não deixa efeitos residuais diretos das adubações, sendo seu manejo um dos mais difíceis. Apesar disso, pouca atenção têm sido dada à adubação nitrogenada nos trabalhos de pesquisa com espécies arbóreas, sendo o conhecimento caracterizado por lacunas sobre aspectos mais básicos (RAIJ, 1991).

No solo o N é encontrado na forma orgânica e mineral, com a quase totalidade na forma orgânica, cuja mineralização, mediada por microorganismos, origina nitrato e amônio, sendo estas as formas disponíveis para as plantas, representando apenas 2 a 5% do N total do solo (MENGEL e KIRKBY, 1987).

O amônio adicionado ao solo, via fertilizantes ou oriundo da decomposição da matéria orgânica, é convertido rapidamente (pela nitrificação mediada por microorganismos) a nitrato, a principal forma de aquisição de N pela maioria das plantas (REDINBAUGHT e CAMPBELL, 1991), apesar de sua absorção e assimilação implicar em gasto energético (KOSLOWSKI e PALLARDY, 1997). Como o nitrato é susceptível à lixiviação, à denitrificação sob baixa tensão de oxigênio, e ainda, a mineralização ser afetada sob uma faixa mais ampla de condições do solo do que a nitrificação, as duas formas (nitrato e amônio) permanecem disponíveis para as plantas (HUBER et al., 1977).

Deve-se considerar quanto à fertilização nitrogenada, a escolha da fonte e da dose a serem aplicadas, bem como do seu parcelamento, evitando, com isso, perdas por lixiviação devido a grande solubilidade das fontes, e,

ainda, de possibilitar certo controle sobre a velocidade de crescimento e turgescência das mudas (NEVES et al., 1990).

As respostas das plantas à adubação nitrogenada variam com o sítio, a espécie, a dose e fonte de N. Na produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii*, DRIESSCHE (1975) avaliou o efeito da forma nítrica e amoniacal aplicadas em seis doses, e encontrou que o peso de matéria seca da parte aérea e raízes em todas as doses, foram significativamente maiores nos tratamentos que receberam a forma amoniacal. Para essa mesma espécie, DRIESSCHE (1978) demonstrou que sob condições ácidas, a forma nítrica resultou em maior crescimento das mudas quando comparado à forma amoniacal, ocorrendo o oposto sob condições neutras.

Quanto às espécies florestais nativas, algumas, na fase inicial de crescimento, só respondem à adição de N ao solo, quando colonizadas por fungos micorrízicos (PEREIRA et al., 1995). Por outro lado, a micorrização em mudas de fedegoso (*Senna macranthera*), cássia-verrugosa (*Senna multijuga*), cinamomo (*Melia azedarach*) e jacarandá mimoso (*Jacarandá mimosaeifolia*) não influenciou o crescimento e a resposta à adição de N-mineral (PEREIRA et al., 1996).

Espécies da família Leguminosae podem formar associações simbióticas tanto com bactérias fixadoras de nitrogênio (rizóbio), como com fungos micorrízicos arbusculares. Nessa associação, a planta fornece carboidratos para os microssimbiontes enquanto, em contrapartida, os fungos micorrízicos aumentam a solubilização e absorção de fósforo do solo, enquanto o rizóbio fixa o nitrogênio atmosférico, disponibilizando-o sob a forma de amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) (HARLEY e SMITH, 1983). Segundo FRANCO e FARIA (1997), mudas de leguminosas inoculadas com estirpes específicas de rizóbio e fungos micorrízicos apresentaram maior eficiência de fixação de  $\text{N}_2$  do que o observado nas não inoculadas. Entretanto, essa associação dependerá da compatibilidade entre o rizóbio, o fungo micorrízico e a planta (MENGEL e KIRKBY, 1987), como observado por GROSS et al. (2004) e GONÇALVES et al. (1995) para *Anadenanthera peregrina*.

Angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.), são leguminosas arbóreas que podem ser utilizadas para

diversos fins, sendo muito promissoras em reflorestamentos (LORENZI, 1998). Por isso, torna-se necessário maior conhecimento sobre a silvicultura dessas espécies, incluindo-se a nutrição mineral, visando a produção de mudas com alto padrão de qualidade, a fim de subsidiar futuros programas de plantio.

Por apresentar essa potencialidade e devido à escassez de informações sobre as exigências nutricionais destas espécies, neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de angico vermelho, jacarandá-da-Bahia e sabiá, produzidas em amostras de três tipos de solo.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CHAPIN, F. S. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 11, p. 233-260, 1980.

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas-fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 42, n. 3, p. 685-702, jun. 1975.

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources at different levels of pH and iron supply. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 49, n. 3, p. 607-623, jun. 1978.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Mull Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. The contribution of N<sub>2</sub>-fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology Biochemistry**, New York, v.29, n.5/6, p. 897-903, maio /jun. 1997.

GONÇALVES, L. M. B.; MARQUES, M. S.; SILVA, P. F.; SCOTTI, M. R. M. M. L.; VALE, M. T. S.; LEOS-FILHO, J. P. Efeito da dupla inoculação (Rhizobium/fungos micorrízicos) no crescimento de *Anadenanthera peregrina* em diferentes tipos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1995. p.534-535.

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**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 95-101, jan./fev. 2004

HARLEY, J. L.; SMITH, S. E. **Mycorrhizal symbiosis**. New York: Academic Press, 1983. 483p.

HUBER, D. M.; WARREN, H. L.; TSAI, C. Y. Nitrification inhibitors, new tools for food production. **Bioscience**, Washington, v.27, n.1 , p. 87-93, jan.1977.

KOZLOWSKI, T. T.; PALLARDY, S. G. **Physiology of woody plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1997. 411p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. v. 1., 368p

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Nitrogen. In: MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. (Eds.). **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1987. p.347-374.

NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M.; NOVAIS, R. F. Fertilização mineral de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p. 99-126.

PEREIRA, E. G.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R. do; MOREIRA, F. M. S. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 653-662, set.1996.

PEREIRA, E. G.; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R. do; CURI, N. Resposta de leguminosas arbóreas nativas da região Campos das Vertentes - MG, ao nitrogênio mineral e fungo endomicorrízico. In: HUNGRIA, M.; BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S. (Eds.). **Microbiologia do solo: Desafios do século XXI**. Londrina: IAPAR, 1995. p. 424-428.

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

REDINBAUGHT, M. G.; CAMPBELL, W. H. Higher plant response to environmental nitrate. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.82, n. 4, p. 640-650, aug. 1991.

**Capítulo 1** - Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan).

## RESUMO

MARQUES, Vanderleia Braga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan)**. Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Conselheiros: José Mauro Gomes, Júlio César Lima Neves.

A qualidade de mudas florestais é fortemente afetada pela nutrição mineral das mesmas. O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas, e também o que mais restringe o crescimento vegetal, sendo, portanto, o principal fator limitante para a produção de biomassa em ecossistemas naturais e agrícolas. A fertilização nitrogenada de espécies florestais tem causado respostas significativas da planta na fase inicial de crescimento. Entretanto, pouco se conhece sobre os padrões de absorção e assimilação do nitrogênio por essas espécies. Neste trabalho objetivou-se avaliar, por meio de características morfológicas e suas relações, o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan). As mudas foram produzidas em amostras de três tipos de solo (argissolo, cambissolo e latossolo), contidas em vasos com capacidade de 1,5 dm<sup>3</sup> de capacidade. O experimento foi conduzido no período de novembro de 2003 a março de 2004. As fontes de N utilizadas foram nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N) igualmente parceladas e aplicadas aos

25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial (3 fontes x 5 doses x 3 solos), com quatro repetições. Na colheita, aos 125 dias após a semeadura, as mudas produzidas no substrato argissolo foram as melhores com base em todas as características morfológicas avaliadas, com exceção da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e da relação peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca das raízes. Para estas características as mudas crescidas no latossolo mostraram os melhores índices. Apesar disso, de modo geral o latossolo foi o substrato que produziu mudas com o mais baixo padrão de qualidade, constatado pela reduzida produção de biomassa. Não se constatou a presença de nódulos no sistema radicular das mudas. A adição de nitrogênio teve efeito positivo sobre o diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total e índice de qualidade de Dickson, com maiores médias encontradas para o sulfato de amônio. Recomenda-se para a produção de mudas de angico vermelho, a dose de 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, tendo como fonte o sulfato de amônio ou nitrato de amônio.

## 1. INTRODUÇÃO

Angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) é uma espécie florestal nativa, pioneira, heliófila e decídua, da família Leguminosae-Mimosoideae, e ocorre principalmente na floresta estacional semidecidual (DURIGAN et al., 2002). É característica das capoeiras e florestas secundárias situadas em terrenos arenosos e cascalhentos, sendo bastante freqüente nos cerradões e matas de galeria de todo o Brasil Central. Possui ampla utilização, desde a madeira, própria para construção civil e naval, até a casca, rica em taninos, largamente utilizada por curtumes. Também tem grande potencial paisagístico e ainda, devido ao seu rápido crescimento, é muito promissora em reflorestamentos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1998). Ela pode formar associações com bactérias fixadoras de nitrogênio, com destaque para as do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, e com fungos micorrízicos arbusculares. Entretanto, o benefício destes dois microorganismos para as plantas, de um modo geral, irá depender da compatibilidade entre a estirpe do rizóbio e o fungo micorrízico inoculado (MENGEL e KIRKBY, 1987) dentre outros fatores, como observado por GONÇALVES et al. (1995) para *Anadenanthera peregrina*.

Apesar de a potencialidade para plantio com o angico vermelho ser grande, pouco se conhece sobre suas exigências nutricionais e sobre as limitações ao seu crescimento, tanto na fase de muda, quanto em programas de plantio. Dentre as limitações, destaca-se a baixa fertilidade natural da maioria dos solos do Brasil, com ênfase para o nitrogênio, que é altamente restritivo ao crescimento inicial e produção de biomassa, tanto em culturas agrônômicas quanto em espécies florestais. O nitrogênio é requerido em grandes quantidades pelas culturas, o que se reflete no seu grande consumo

em fertilizantes, porém, insuficiente atenção tem sido dada a adubação nitrogenada nos trabalhos de pesquisa, sendo o conhecimento caracterizado por lacunas sobre aspectos mais básicos (RAIJ, 1991).

O conhecimento das exigências nutricionais de espécies arbóreas é de grande importância na recomendação adequada de fertilizantes na fase de viveiro, uma vez que, condicionará mudas de boa qualidade, refletindo maior potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio, e, conseqüentemente, diminuição de replantio e tratos culturais, o que se traduz em redução de custos (CARNEIRO, 1995).

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan), produzidas em amostras de três tipos de solo, predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Viçosa, Minas Gerais, no período de novembro de 2003 a fevereiro de 2004, com temperatura média diária de 21,11°C, máxima de 26,52°C e mínima de 17,68°C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 7,5 mm e 76,66%, respectivamente.

### **Caracterização do solo**

As amostras de solos utilizadas como substrato na produção das mudas foram retiradas cerca de 30 cm abaixo da camada superficial de três tipos de solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais (RESENDE et al., 1988), dos quais foram determinadas as características físicas (Quadro 1) e químicas (Quadro 2).

**Argissolos:** Formam uma classe bastante heterogênea, que tem em comum um aumento substancial no teor de argila com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B. Podem ser eutróficos (geralmente os mais vermelhos), distróficos ou álicos. Podem ser muito arenosos ou muito argilosos, sendo que as transições de textura entre os horizontes A e B podem ser bruscas ou graduais. Tendem a ter menor perda por lixiviação e a sofrerem perdas mais drásticas com pequeno aumento da declividade. Por outro lado, sendo eutróficos, possuem, em geral, razoáveis teores de minerais primários facilmente intemperizáveis fornecedores de nutrientes (RESENDE et al., 1988).

**Cambissolos:** Apresentam certo grau de evolução do horizonte B, porém, não o suficiente para alterar completamente minerais primários de fácil intemperização. Não possuem acumulação suficiente de argila iluvial que permita classificá-los como solos com horizonte B textural. Muitas vezes, apresentam características morfológicas e mesmo químicas similares às dos Latossolos, porém, deles diferenciam-se por apresentarem altos teores de silte em relação à argila e/ou maior proporção de minerais primários facilmente intemperizáveis (RESENDE et al., 1988).

**Latossolos vermelho amarelo:** Apresentam-se em duas configurações principais: nas chapadas do planalto Central e do Nordeste e nas áreas de domínio amazônico; e de uma forma caracteristicamente acidentada, no domínio do “Mar de Morros”, área de substrato gnáissico-granítico ao longo da faixa atlântica e partes da Amazônia. São solos profundos, muito bem drenados, homogêneos e altamente intemperizados e lixiviados. Tendem a teores de argila médios ou altos. Tipicamente, possuem seqüência de horizontes A-Bw, onde Bw significa horizonte B latossólico (RESENDE et al., 1988).

Após secagem ao ar e peneiramento em malha de 5 mm, procedeu-se à correção da acidez dos solos, utilizando-se uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , na relação estequiométrica de 4:1. A necessidade de calagem foi calculada com base na análise química dos solos (Quadro 2), sendo a saturação por bases elevada a 60%. Após incorporação do corretivo, o solo foi incubado por 30 dias, com manutenção do teor de umidade à capacidade de campo.

Decorridos 30 dias, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas seguintes doses: P = 300 mg/dm<sup>3</sup>, K = 100 mg/dm<sup>3</sup> e S = 40 mg/dm<sup>3</sup>, tendo como fontes  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , KCl e  $\text{K}_2\text{SO}_4$  conforme sugerido por PASSOS (1994), e, ainda, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), Cu = 1,33 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), Mo = 0,15 mg/dm<sup>3</sup> [ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ], Mn = 3,66 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e Zn = 4,0 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) (ALVAREZ V., 1974).

Após a adubação, os solos foram acondicionados nos vasos, na quantidade de 1,5 dm<sup>3</sup>/vaso.

Quadro 1: Análise física dos solos utilizados na produção das mudas

Solo	Granulometria				Classe textural
	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	
Argissolo	25	10	10	55	Argila
Cambissolo	25	10	10	55	Argila
Latossolo vermelho amarelo	14	8	10	68	Muito argilosa

Quadro 2: Análise química dos solos utilizados na produção das mudas antes da correção

Solo	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	MO
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%	dag/kg
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

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> - 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 sementes do angico vermelho foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*, fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/EMBRAPA, Seropédica (RJ). A semeadura foi efetuada manualmente e diretamente nos vasos colocando-se 10 sementes/vaso. O raleio foi realizado 20 dias após a semeadura, optando-se por manter apenas a muda mais vigorosa e central.

Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio [ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ], sulfato de amônio [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] e nitrato de cálcio [ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ] e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N), aplicadas em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 1,5 dm<sup>3</sup> de substrato contendo uma muda. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a 3 fontes nitrogenadas, 5 doses e 3 solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

As características morfológicas, e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas (GOMES, 2001), foram analisadas ao término do experimento, 125 dias após a semeadura, quando também se verificou a presença e o número de nódulos 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), efetuada do nível do substrato até o ápice, e o DC foram mensurados por meio de régua milimetrada e paquímetro, respectivamente.

O PMSPA e o PMSR foram obtidos após secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a 60<sup>o</sup>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 em função das variáveis H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, mediante a seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960, citados por GOMES, 2001):

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

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, testes de médias e análise de regressão, utilizando-se o software SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética) (EUCLYDES, 1997). Na escolha das equações de regressão considerou-se a significância dos coeficientes, testada até o nível de 15% de probabilidade, e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC) e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC)

A aplicação dos fertilizantes nitrogenados levou a ganhos significativos no crescimento das mudas de angico vermelho nos três solos estudados (Tabela 1, Figura 1). A condição do solo sem N-mineral (Dose = 0 mg/dm<sup>3</sup>) foi limitante para o crescimento da espécie, confirmando o efeito do N no aumento da produção vegetal.

Para a H a interação fontes x doses não foi significativa, porém verificou-se o efeito das doses de N com relação a esta característica nos três substratos estudados (solos x doses), independentemente da fonte aplicada (Figura 1). Em cada substrato, as alturas das mudas foram significativamente maiores à medida que se aumentavam as doses de N, obtendo-se média de 54,42 cm no argissolo e 39,49 cm no cambissolo e latossolo.

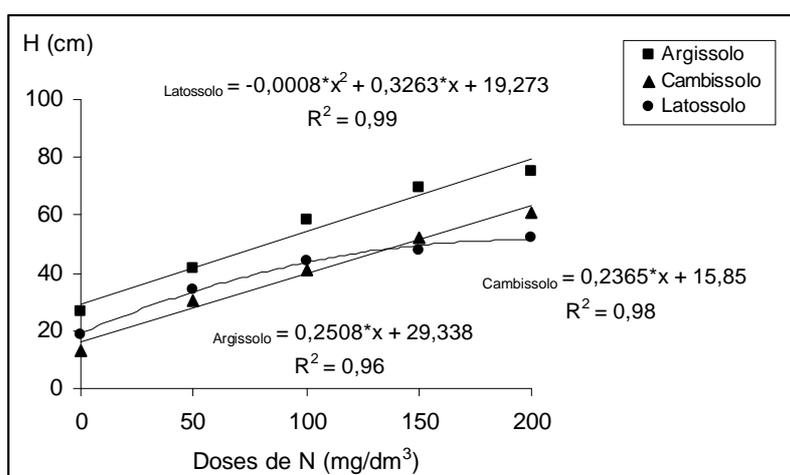


Figura 1 - Altura da parte aérea (H) das mudas de angico vermelho em resposta a doses de N, para os três solos estudados. \* significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características e relações estudadas, na produção mudas de angico vermelho, avaliadas aos 125 dias após a semeadura.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO								
		H	DC	RHDC	PMST	PMSPA	PMSR	RHPMSPA	RPMSPAR	IQD
Solo (S)	2	4455,21*	0,66 <sup>ns</sup>	173,07*	34,42*	20,45*	2,00 <sup>ns</sup>	3358,95*	2,06*	0,30 <sup>ns</sup>
Fonte (F)	2	15,96 <sup>ns</sup>	6,21*	19,45 <sup>ns</sup>	167,05*	16,24*	79,14*	62,09 <sup>ns</sup>	1,61*	2,58*
Dose (D)	4	10860,44*	80,98*	40,15*	883,28*	239,90*	203,94*	18749,67*	0,29 <sup>ns</sup>	7,32*
S x F	4	27,67 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	20,08 <sup>ns</sup>	4,04 <sup>ns</sup>	6,84 <sup>ns</sup>	18,05 <sup>ns</sup>	0,055 <sup>ns</sup>	0,41*
S x D	8	200,81*	3,47*	9,32 <sup>ns</sup>	23,74*	6,99*	5,94*	2790,56*	0,36*	0,27 <sup>ns</sup>
F X D	8	137,72 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	3,69 <sup>ns</sup>	39,63*	5,56*	16,32*	15,54 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,42*
S x F X D	16	132,61 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>	6,24 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	1,92 <sup>ns</sup>	7,08 <sup>ns</sup>	0,046 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Resíduo	135	97,24	1,17	7,01	8,39	1,95	2,93	581,25	0,16	0,15
CV (%)		22,17	21,69	29,57	37,63	36,69	44,12	106,27	37,83	48,75

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

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

No substrato latossolo, as médias das alturas superaram as do cambissolo até a dose de 100 mg/dm<sup>3</sup>, se igualando na dose subsequente e finalmente apresentando um ponto de máxima altura das mudas (51,27 cm) na dose de 200 mg/dm<sup>3</sup>, valor porém ainda inferior àquele encontrado nos outros dois substratos nesta mesma dose, 79,3 e 61,8 cm, para argissolo e cambissolo, respectivamente.

O efeito significativo da interação solos x doses também foi observado para o DC, para o qual o crescimento foi influenciado positivamente pelas doses de N em cada substrato estudado, independentemente das fontes nitrogenadas (Figura 2). No substrato argissolo o efeito quadrático de doses proporcionou a recomendação da dose de 185 mg/dm<sup>3</sup> de N, por produzir a maior média do diâmetro do coleto (6,7 mm). As doses encontradas neste trabalho, para H (200 mg/dm<sup>3</sup>) e DC (185 mg/dm<sup>3</sup>), diferem daquelas encontradas por Dias et al. (1991) na produção de mudas de *Acacia mangium* em latossolo vermelho amarelo, onde os autores recomendam 65 e 77mg/dm<sup>3</sup> de N para H e DC, respectivamente, na forma de nitrato de amônio.

No cambissolo e latossolo o efeito linear de doses encontrado, indica que a obtenção do diâmetro máximo deverá ocorrer em doses superiores a 200 mg/dm<sup>3</sup>.

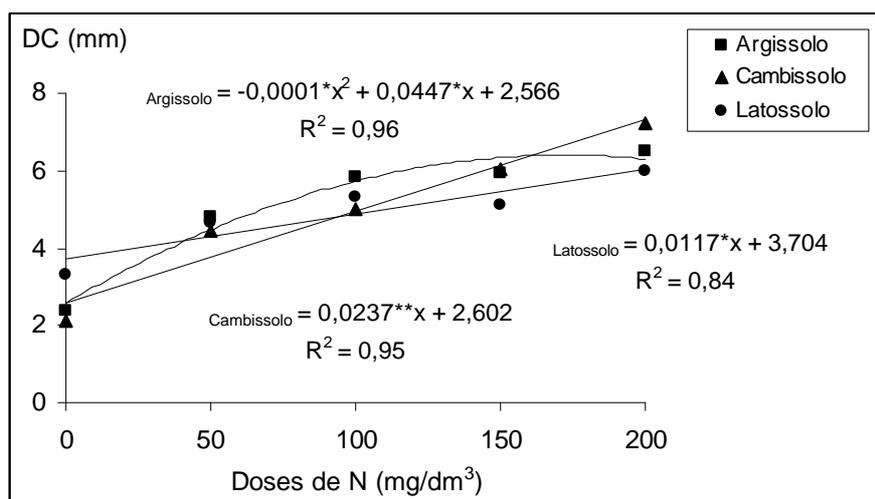


Figura 2 - Diâmetro do coleto (DC) das mudas de angico vermelho em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Para o DC também foi observado o efeito principal das fontes de N, onde o nitrato de amônio e o sulfato de amônio, não diferiram entre si, produzindo os maiores diâmetros, quando comparadas ao nitrato de cálcio (Figura 3). Resultados semelhantes foram obtidos por LEMOS (1996) em mudas de seringueira, onde maiores crescimentos em diâmetro e altura foram encontrados nos tratamentos que receberam nitrogênio na forma amoniacal.

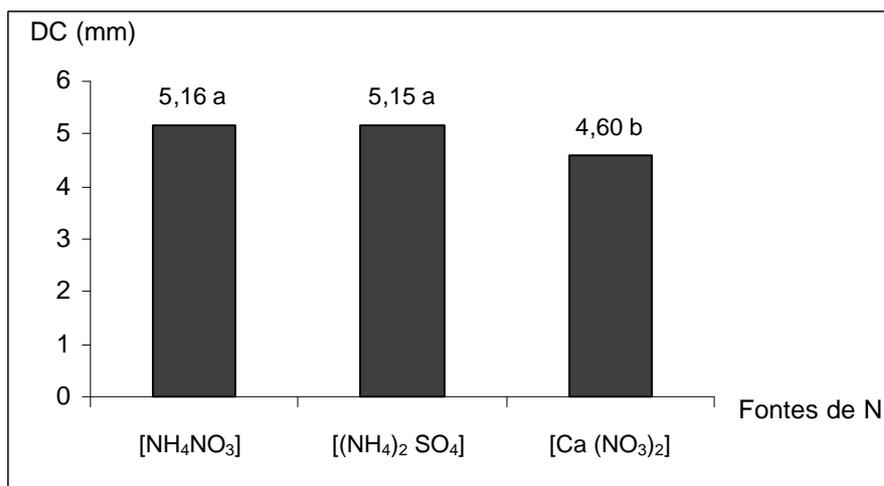


Figura 3 - Diâmetro do coleto (DC) de mudas de angico vermelho em resposta a fontes de nitrogênio aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a RHDC não houve interação significativa entre os fatores analisados, porém foram observados os efeitos principais de solo e dose, sendo que, à semelhança da altura da parte aérea, não houve influência das fontes nitrogenadas. Segundo CARNEIRO (1995), a RHDC exprime o equilíbrio de desenvolvimento das mudas, pois conjuga duas importantes características em apenas um só índice, e quanto menor for o seu valor, melhor a qualidade da muda e, conseqüentemente, maior a capacidade de sobrevivência e estabelecimento no local de plantio definitivo. Os melhores índices foram encontrados para mudas produzidas no cambissolo e latossolo, indicando maior equilíbrio entre a média de altura e diâmetro do coleto, enquanto o pior ocorreu no substrato argissolo (Figura 4).

Quanto ao efeito das doses sobre RHDC, os melhores índices foram observados nas menores doses aplicadas, enquanto os piores foram encontrados nas doses de 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 5), comprovando um desequilíbrio entre as características envolvidas na determinação deste índice, devido aos altos níveis de N que tendem a promover maior crescimento em altura (CARNEIRO, 1995).

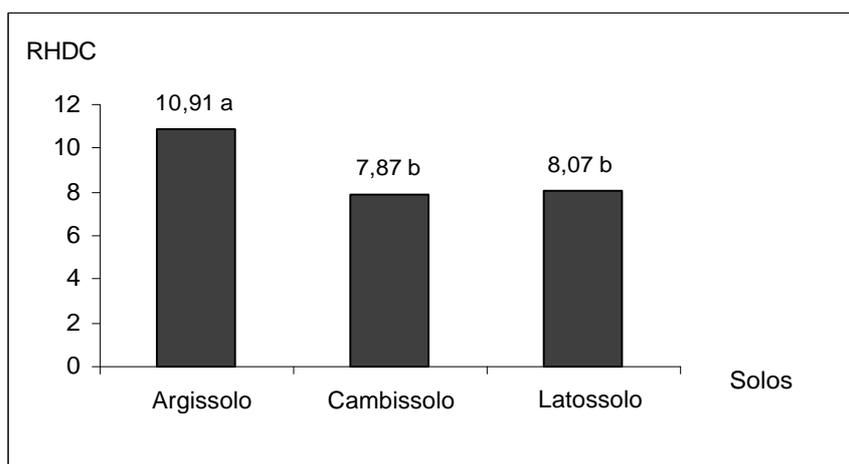


Figura 4 - Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de angico vermelho, cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

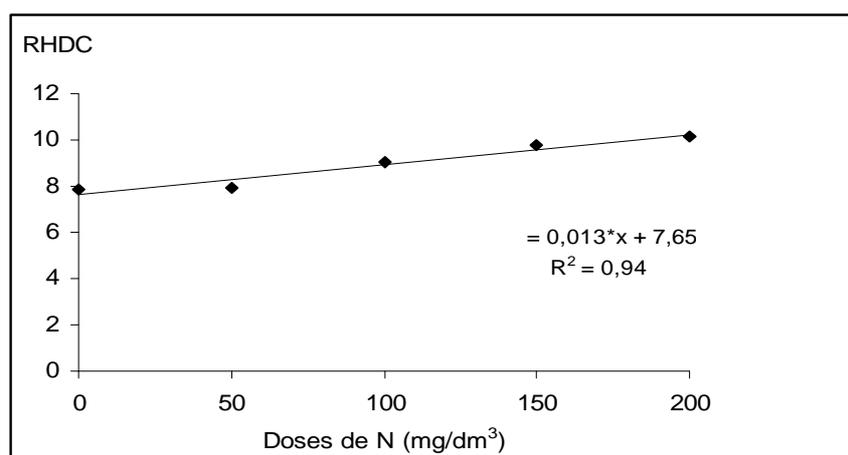


Figura 5 - Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de angico vermelho em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. \* significativo a 5% de probabilidade.

### 3.2 Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), Peso de matéria seca de raízes (PMSR) e Peso de matéria seca total (PMST)

De maneira geral, verificou-se que as mudas de angico vermelho responderam positivamente à aplicação de N-mineral, em termos de produção e distribuição de matéria seca, havendo interações significativas solos x doses e fontes x doses para PMSPA, PMSR e PMST (Tabela 1).

Nos três solos estudados o efeito de dose de N foi linear, indicando que a máxima produção de matéria seca da parte aérea (Figura 6) deverá ocorrer com doses de N superiores a 200 mg/dm<sup>3</sup>. Porém, nota-se que o substrato argissolo seguido pelo cambissolo, na maior dose aplicada, proporcionaram as maiores médias dos PMSPA (8,16 e 7,79 g, respectivamente), enquanto a menor (5,28 g) foi obtida no latossolo, substrato que também propiciou as menores médias para o DC e H. Para proporcionar 90% da produção máxima de matéria seca da parte aérea em mudas de *Acacia mangium*, DIAS et al. (1991) recomendam 100 mg/m<sup>3</sup> de nitrato de amônio, valor que supera a dose de 79 mg/dm<sup>3</sup>, recomendado para taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum*), aplicando-se a mesma fonte (DIAS et al., 1992).

O efeito das doses de N testadas também foi linear sobre o PMSPA, sendo que o sulfato de amônio proporcionou, na dose de 200 mg/dm<sup>3</sup>, a maior produção de matéria seca (8,38 g), superior ao nitrato de amônio e este ao nitrato de cálcio (Figura 7), indicando mais uma vez a superioridade da fonte amoniacal, à semelhança do observado para as médias dos diâmetros do coleto. DRIESSCHE (1975) encontrou, para todas as doses de N estudadas, que os pesos de matéria seca da parte aérea de mudas de *Pseudotsuga menziesii* foram significativamente maiores nos tratamentos com N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Também em mudas de *Eucalyptus grandis* verificou-se maior produção de matéria seca da parte aérea quando a solução nutritiva de cultivo continha maior quantidade de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (LOCATELLI et al., 1984b).

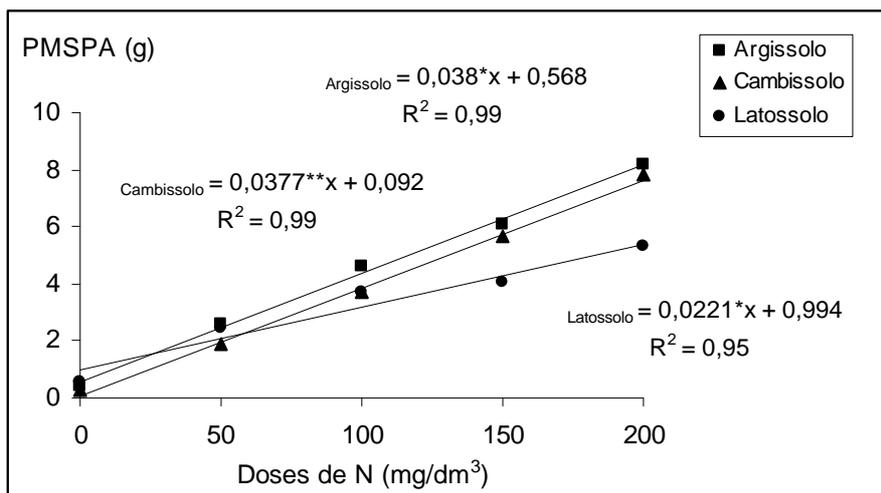


Figura 6 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

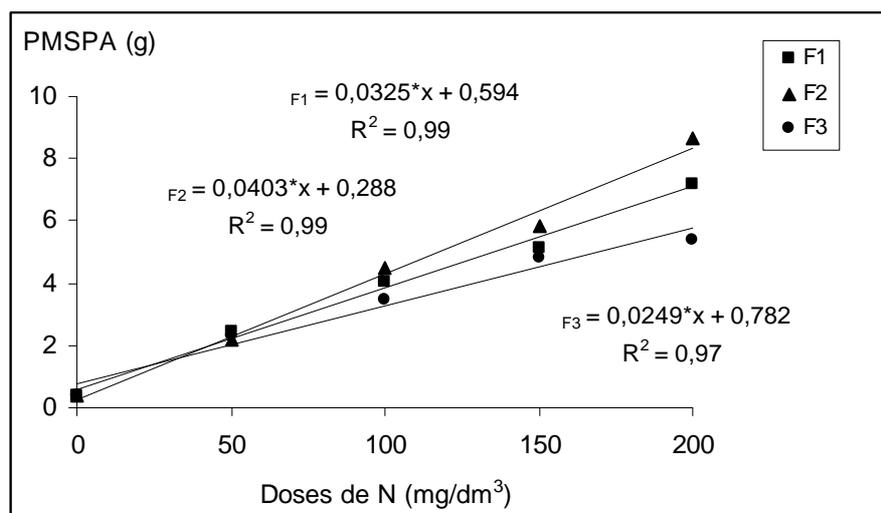


Figura 7 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio). \* significativo a 5% de probabilidade.

Em relação às raízes, verifica-se que não houve diferença significativa na produção de matéria seca nas mudas produzidas nos substratos argissolo e cambissolo, encontrando-se respectivamente, 7,2 e 7,4 g na máxima dose aplicada, e 5,8 g no latossolo (Figura 8).

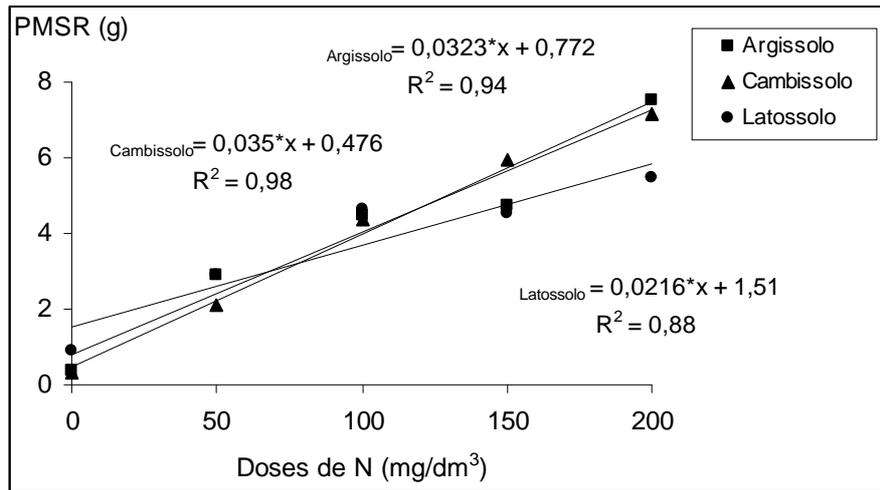


Figura 8- Peso de matéria seca de raízes (PMSR) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* significativo a 5% de probabilidade.

Na Figura 9 mediante a interação significativa fontes x doses, também se observam diferenças no PMSR, onde o nitrato de cálcio apresentou produção de matéria seca duas vezes menor (4,45 g) que aquela obtida com o sulfato de amônio (9,50 g), na dose máxima aplicada. Nota-se que o sulfato de amônio favoreceu mais o crescimento do sistema radicular em relação à parte aérea, quando comparado com as demais fontes, enquanto LOCATELLI et al. (1984b) com mudas de *Eucalyptus grandis* produzidas em solução nutritiva, verificaram maior produção de raízes quando a solução continha maior quantidade de  $\text{N-NO}_3^-$ .

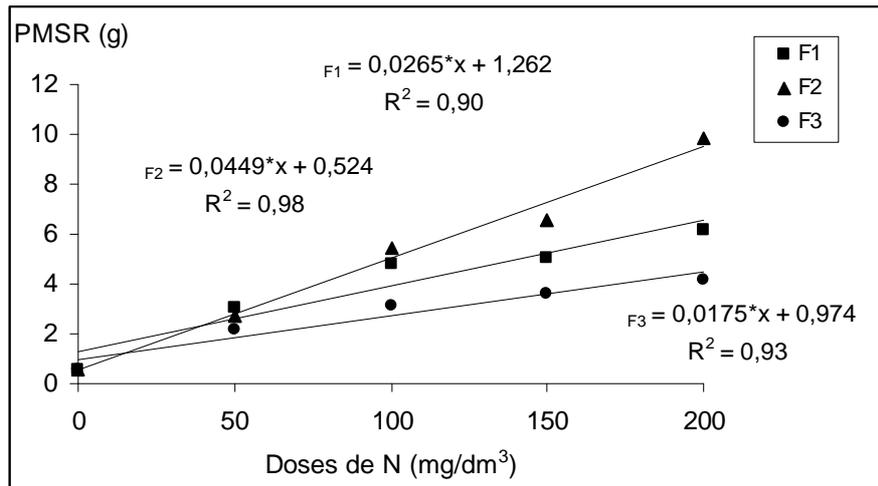


Figura 9 - Peso de matéria seca de raízes (PMSR) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio). \* significativo a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa na produção de matéria seca total entre os substratos e fontes em função das doses de N (Figuras 10 e 11). Na dose de 200 mg/dm³ de N, o menor acúmulo ocorreu no substrato latossolo (11,24 g), seguindo a mesma tendência do PMSPA e PMSR, e os maiores 15,41 e 15,10 g, ocorreram no argissolo e cambissolo, respectivamente. Da mesma forma se comportaram as fontes nitrogenadas: o sulfato de amônio proporcionou maior produção de matéria seca (17,85 g), seguido do nitrato de amônio (13,67 g) e nitrato de cálcio (10,23 g), contrariando os resultados obtidos por PEREIRA (1996) para *Senna macranthera*, *Senna multijuga*, *Jacaranda mimosaeifolia* e *Melia azedarach*, em que os maiores acúmulos de matéria seca total, da parte aérea e do sistema radicular foram encontrados nos tratamentos que receberam N na forma nítrica. Por outro lado, LOCATELLI et al. (1984a) produzindo mudas de *Eucalyptus grandis* em dois Latossolos vermelho amarelo, um de textura argilosa e outro arenosa, testaram o efeito de diferentes fontes e doses de N, concluindo que para ambos os solos, não houve diferença significativa na produção de matéria seca entre as fontes de nitrogênio, sendo esta, no entanto, significativamente influenciada pelas doses de N aplicadas.

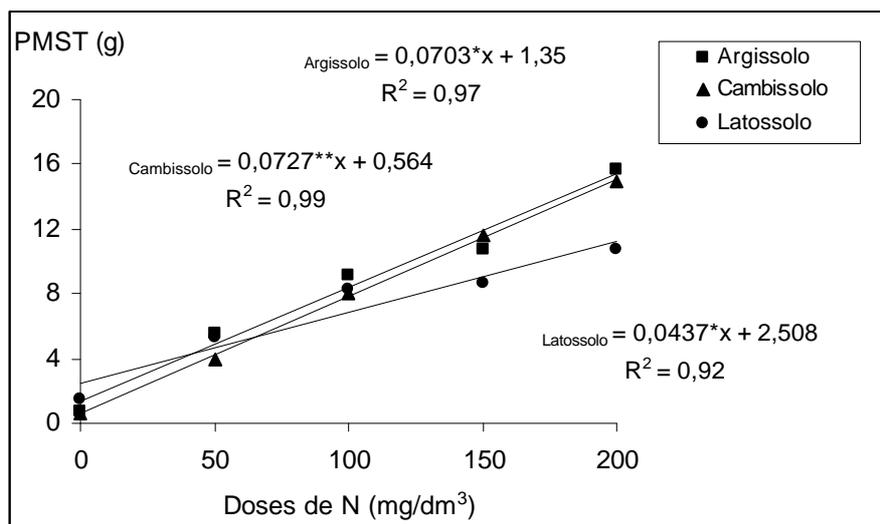


Figura 10 - Peso de matéria seca total (PMST) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \*\* e \* significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

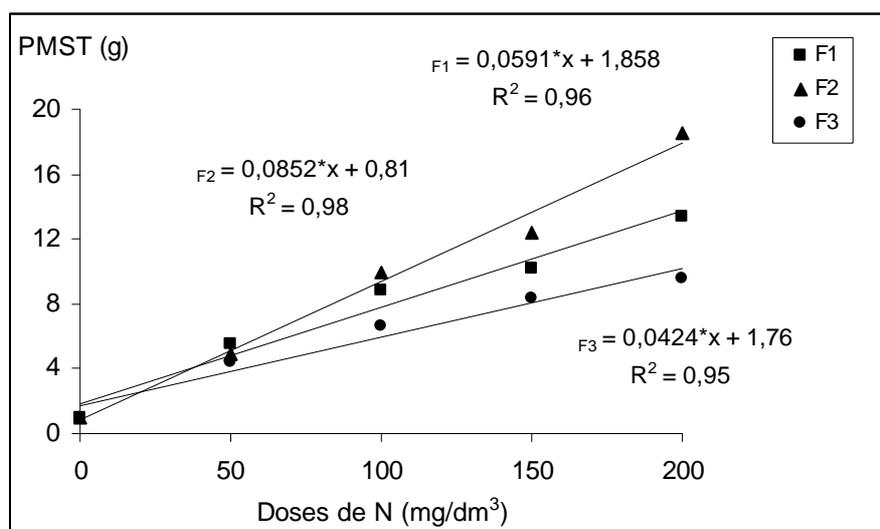


Figura 11 - Peso de matéria seca total (PMST) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio). \* significativo a 5% de probabilidade.

### 3.3 Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), Relação peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)

A RHPMSPA apresentou resposta quadrática em função das diferentes doses de N em cada um dos substratos (Figura 12), obtendo-se os melhores valores para este índice na dose de 140, 147 e 141 mg/dm<sup>3</sup>, para argissolo, cambissolo e latossolo, respectivamente, independente da fonte aplicada. Segundo GOMES (2001), normalmente essa relação não é utilizada como um 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, sendo que, quanto menores forem os quocientes obtidos, maior sua capacidade de sobrevivência.

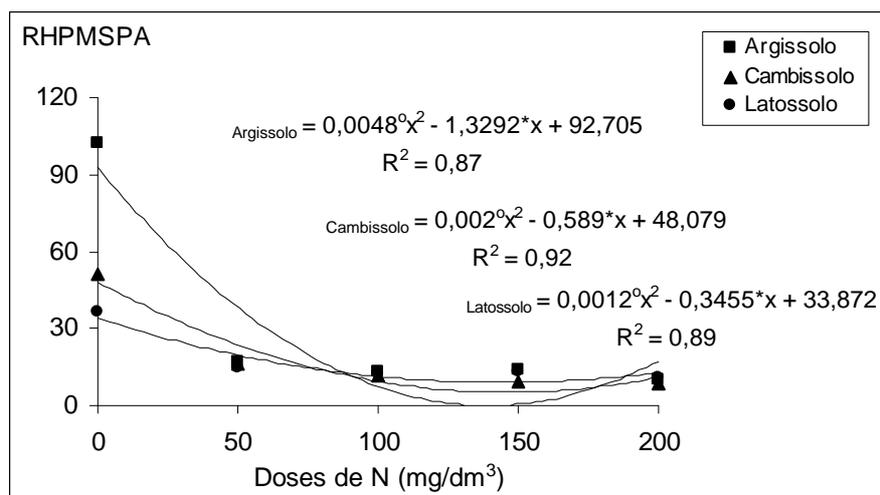


Figura 12 - Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* e <sup>o</sup>, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

A relação peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) não foi influenciada pelas fontes nitrogenadas, observando-se efeito significativo de doses apenas para a interação solos x doses e nesta, apenas para o latossolo (Figura 13), verificando-se, o melhor valor para o

quociente (0,88) na dose de 100 mg/dm<sup>3</sup> de N. Porém, BRISSETE (1984), citado por GOMES (2001), relata 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. Considerando-se esse valor e as médias do índice obtidas em cada substrato, 1,28, 1,02 e 0,93 para argissolo, cambissolo e latossolo, respectivamente, as mudas produzidas no argissolo e cambissolo, teriam melhor padrão de qualidade. A RPMSPAR expressa o equilíbrio entre a partição de carbono na planta, verificando-se seu decréscimo sob condições de estresse, como o déficit hídrico, podendo ocorrer a estagnação do crescimento de tecidos mais jovens e a partição de assimilados ser direcionada para as raízes, para que estas cresçam e conseqüentemente explorem maior volume de solo para obtenção de água. Por outro lado, o aumento desta relação indica, geralmente, que as condições de crescimento são mais favoráveis.

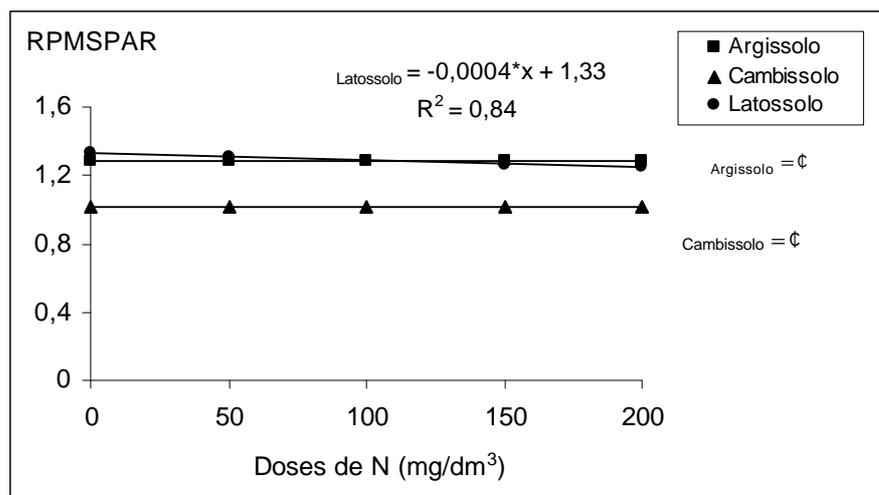


Figura 13 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca do sistema radicular (RPMSPAR) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* significativo a 5% de probabilidade.

Analisando-se o índice de qualidade de Dickson (IQD), pode-se verificar que as interações fontes x doses e solos x fontes foram significativas. O IQD é uma fórmula balanceada, onde se incluem as características morfológicas H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, e quanto maior for o valor deste índice, melhor

será a qualidade da muda produzida (GOMES, 2001). Neste caso, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio produziram os maiores índices, logo, mudas de melhor qualidade (Figura 14). As maiores médias para o IQD no intervalo estudado, foram obtidas na maior dose aplicada (200 mg/dm<sup>3</sup>), em que os valores para o sulfato de amônio, além de superar os do nitrato de amônio, foram praticamente duas vezes maiores que aqueles obtidos com o nitrato de cálcio. As médias do IQD para cada fonte nessa dose, foram de 1,76, 1,33 e 0,92, respectivamente.

Segundo CARNEIRO (1995), na determinação de índices de qualidade, devem-se considerar alguns fatores como a espécie e a fertilidade do substrato, uma vez que, estes, exercerão influência no crescimento das plantas.

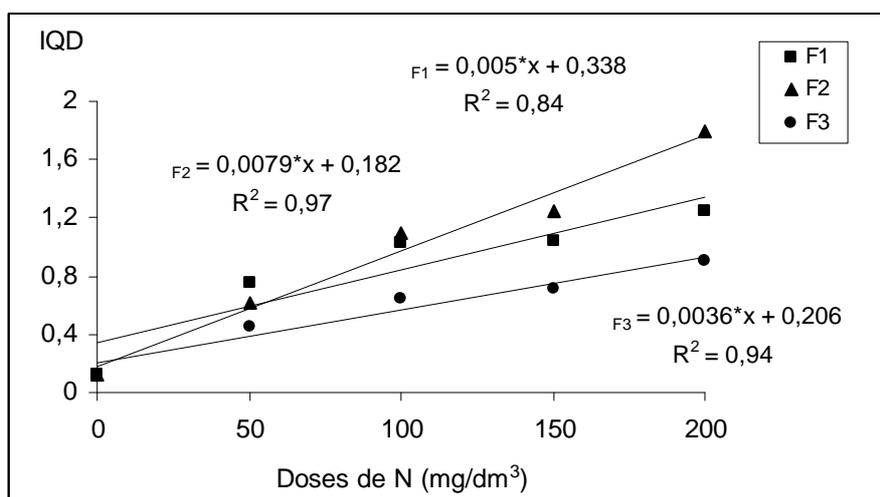


Figura 14 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de angico vermelho, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrito de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio). \* significativo a 5% de probabilidade.

Com exceção do substrato cambissolo, as fontes nitrogenadas também influenciaram o IQD, verificando-se as maiores médias desse índice para as fontes amoniacais, com superioridade para o sulfato de amônio (Figura 15). Na produção de mudas de eucalipto, a superioridade do sulfato de amônio foi atribuída a um suprimento adicional de enxofre, apesar de todos os tratamentos terem recebido uma adubação básica com este nutriente, que é

um constituinte de proteínas e aminoácidos (LOCATELLI et al., 1984b). Porém isso não se aplica a este experimento, devido a quantidade de enxofre aplicada. Contudo, pode-se inferir, neste experimento, que a absorção do sulfato de amônio e a conseqüente acidificação da rizosfera possivelmente aumentou a disponibilidade de micronutrientes, favorecendo o maior crescimento das plantas que receberam esta fonte.

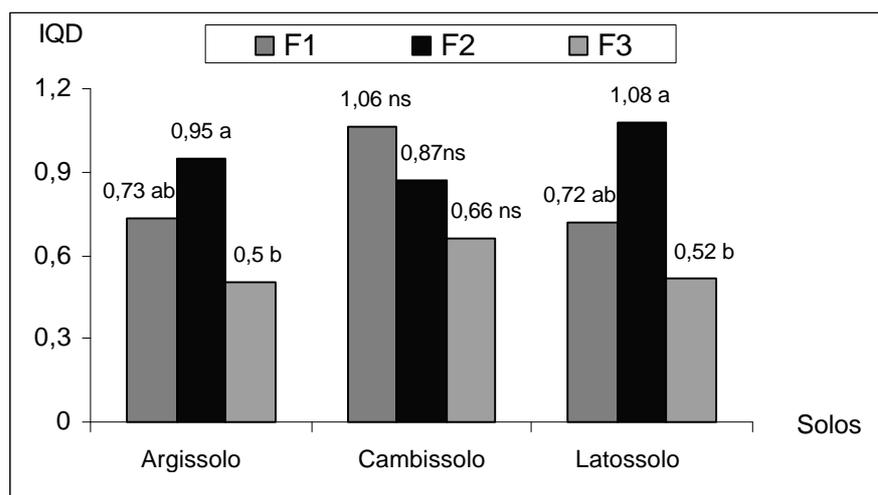


Figura 15 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de angico vermelho, em resposta a fontes de N aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio) para os três solos estudados. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.4 Nodulação

O angico vermelho é uma leguminosa arbórea, podendo formar associações simbióticas tanto com bactérias fixadoras de N, como com fungos micorrízicos. Neste trabalho, contudo, não foi verificada a presença de nódulos no sistema radicular das mudas, apesar das sementes terem sido inoculadas com estirpes de *Bradyrhizobium*. Este fato pode ser explicado pela pouca eficácia da inoculação aplicada, ou pela incompatibilidade entre o rizóbio e o angico vermelho ou ainda, pela ausência de rizóbios e fungos micorrízicos nativos, uma vez que o solo foi retirado da camada subsuperficial do perfil. No último caso, o efeito sinérgico dos microssimbiontes foi comprovado por GROSS et al. (2004), avaliando a eficiência da inoculação de fungos

micorrízicos e rizóbios no crescimento inicial de angico do cerrado (*Anadenanthera peregrina* var. *falcata*), crescidas em solo autoclavado e não autoclavado, podendo o fósforo absorvido e translocado pelas micorrizas para a planta ter influenciado positivamente o estabelecimento e a ocorrência de nódulos. Provavelmente isso não se aplica a este experimento, devido à adubação básica com 300 mg/dm<sup>3</sup> de P, dentre outros macro e micronutrientes, provavelmente ter inibido a formação de associações micorrízicas. As doses de N aplicadas também poderiam ser responsáveis pela ausência de nódulos, uma vez que, seriam suficientes para atender a demanda da planta, evitando perdas de carboidratos para este dreno. Porém, esta hipótese fica sem embasamento devido à ausência de nodulação no tratamento testemunha (0 mg/dm<sup>3</sup> de N). Desta maneira, a ausência de nódulos é explicada pela incompatibilidade entre planta e rizóbio.

#### **4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO**

- As mudas de angico vermelho responderam significativamente a adição de N-mineral nos três solos estudados, mostrando certa plasticidade com relação ao crescimento em substratos com diferentes disponibilidades de nitrogênio, o que se reflete na sua adaptação ao ambiente.
- As mudas produzidas no substrato argissolo proporcionaram as melhores médias de todas as características avaliadas, com exceção da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes. O melhor desempenho das mudas nesse solo se deve, provavelmente devido a sua maior fertilidade natural entre outras características físicas, como a maior estabilidade dos agregados, conferindo-lhe maior capacidade de retenção de água, proporcionando melhores condições para a absorção e o crescimento radicular e conseqüentemente da planta, o que não implica na não utilização dos outros dois solos testados.

- As fontes nitrogenadas tiveram efeito significativo sobre o diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total e índice de qualidade de Dickson, com maiores médias encontradas com aplicação de sulfato de amônio, sendo viável também, na impossibilidade da utilização desta, o emprego das outras duas fontes testadas.
- Recomenda-se, na produção de mudas de angico vermelho, a dose de 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, tendo como fonte o sulfato de amônio.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. . Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

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

DIAS, L. E., ALVAREZ, V., V. H., JÚNIOR, S. B. Formação de mudas de *Acácia mangium* Willd: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, Viçosa, v.15, n.1, p.11-22, jan./abr. 1991.

DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; BRIENZA JR., S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, Viçosa, v.16, n.2, p.135-143, maio/ago.1992.

DRIESSCHE, R. V. D. Response of Doulgas-fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources under various environmental conditions. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 42, n. 3, p. 685-702, jun. 1975.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M. A. de O.; BAITELLO, J. B. **Sementes e mudas de árvores tropicais**. 2. ed. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2002. 65p.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas). Viçosa: UFV, 1997. 59p.

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.

GONÇALVES, L. M. B.; MARQUES, M. S.; SILVA, P. F.; SCOTTI, M. R. M. M. L.; VALE, M. T. S.; LEOS-FILHO, J. P. Efeito da dupla inoculação (Rhizobium/fungos micorrízicos) no crescimento de *Anadenanthera peregrina* em diferentes tipos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.534-535.

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**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 95-101, fev. 2004.

LEMOS, G. B. de. **Crescimento e atividade de enzimas de assimilação do nitrogênio em plantas jovens de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) cultivadas em diferentes relações de nitrato e amônio.** 1996, 56p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

LOCATELLI, M. BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 39-52, jan./jun.1984a.

LOCATELLI, M.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Efeito de formas de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 53-69, jan./jun.1984b.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. v. 1., 368p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Nitrogen. In: MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. (Eds.). **Principles of plant nutrition.** 4. ed. Bern, Switzerland: International Potash Institute, 1987. p.347-374.

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-MG.

PEREIRA, E. G. **Micorrização e fósforo no solo na resposta de espécies arbóreas a nitrogênio mineral.** 1995. 65p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

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

RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações.** Brasília:Ministério da Educação; Lavras:ESAL; Piracicaba:POTAFOS, 1988. 81p.

**Capítulo 2** - Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.).

## RESUMO

MARQUES, Vanderleia Braga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.).** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Conselheiros: José Mauro Gomes, Júlio César Lima Neves.

O jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.) é uma espécie florestal nativa da família Leguminosae-Papilionoideae. Sua madeira sempre despertou grande interesse devido ao alto valor econômico, sendo utilizada principalmente na fabricação de móveis de luxo. Devido a essa grande potencialidade, torna-se necessário conduzir estudos visando melhorar o sistema de produção de mudas com técnicas que promovam melhor qualidade das plantas, resultando em maior sobrevivência e crescimento após o plantio. Neste trabalho, objetivou-se avaliar, por meio de características morfológicas e suas relações, o efeito de fontes e doses de N no crescimento de mudas de jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra*). As mudas foram produzidas em amostras de três tipos de solo (argissolo, cambissolo e latossolo), contidas em vasos com capacidade de 1,5 dm<sup>3</sup> de capacidade. O experimento foi conduzido no período de novembro de 2003 a março de 2004. As fontes utilizadas foram

nitrate de amônio, nitrate de cálcio e sulfato de amônio em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N) igualmente parceladas e aplicadas aos 25, 50, 75 e 100 dias após a sementeira. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial (3 x 5 x 3), com quatro repetições. Na colheita, aos 125 dias após a sementeira, as melhores médias em todas as características avaliadas foram observadas no substrato argissolo, com exceção da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular, uma vez que, nesta relação apenas se observou o efeito das doses de nitrogênio, onde os melhores índices foram obtidos nas doses de 0 e 50 mg/dm<sup>3</sup> de N, independente do substrato ou fonte aplicada. As fontes nitrogenadas tiveram efeito positivo e significativo sobre altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total e índice de qualidade de Dickson. As melhores médias foram obtidas com as fontes amoniacais, com superioridade para o sulfato de amônio, exceto para a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, onde o nitrate de cálcio proporcionou o melhor índice. As doses que proporcionaram as melhores médias em todas as características avaliadas, com exceção da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular, com base no intervalo estudado, variaram de 140 a 200 mg/dm<sup>3</sup> de N. Deste modo, recomenda-se na produção de mudas de jacarandá-da-Bahia, uma dose média de 180 mg/dm<sup>3</sup> de N, tendo como fonte o sulfato de amônio.

## 1. INTRODUÇÃO

Jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth). é uma espécie florestal nativa da família Leguminosae-Papilionoideae. É uma planta pioneira, decídua, heliófila, característica da floresta pluvial da encosta atlântica, ocorrendo no sul da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. É muito ornamental, sendo empregada no paisagismo, e, por ser rústica e adaptada a solos secos, é utilizada em reflorestamentos de áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1998). Sua madeira sempre despertou grande interesse devido ao alto valor econômico, sendo utilizada principalmente na fabricação de móveis de luxo, encontrando-se atualmente ameaçada de extinção em virtude da exploração intensa que vem sofrendo há décadas.

Segundo RIZZINI (1981), o jacarandá-da-Bahia ocorre em solos de baixa fertilidade natural, entretanto pode apresentar rápido crescimento em solos férteis, superando as demais espécies do gênero *Dalbergia* (GOLFARI, 1975). Portanto, para que seja cultivada, é necessário conduzir estudos visando melhorar o sistema de produção de mudas com técnicas que promovam melhor qualidade das plantas, resultando em maior potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio, como é o caso de uma adubação apropriada, que fornecerá os nutrientes em quantidades balanceadas, resultando em satisfatório crescimento das mudas, tornando-as mais resistentes às condições adversas encontradas após o plantio, além de contribuir para a melhoria das características para classificação da sua qualidade (CARNEIRO, 1995).

O nitrogênio dentre os nutrientes, é o que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores e suas principais formas disponíveis às plantas no solo são a nítrica e a amoniacal. Para a grande maioria das espécies cultivadas, principalmente as de ciclo anual, o metabolismo do nitrogênio, desde as formas de absorção, assimilação e transporte na planta tem sido bastante estudado (BLEVINS, 1989), não ocorrendo o mesmo para espécies florestais, sobretudo as nativas.

Devido à escassez de informações sobre as exigências nutricionais de espécies florestais nativas quanto à nutrição nitrogenada, neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.), produzidas em amostras de três tipos de solo, predominantes na Região da Zona da Mata de Minas Gerais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Viçosa, Minas Gerais, no período de novembro de 2003 a fevereiro de 2004, com temperatura média diária de 21,11°C, máxima de 26,52°C e mínima de 17,68°C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 7,5 mm e 76,66%, respectivamente.

### **Caracterização do solo**

As amostras de solos utilizadas como substrato na produção das mudas foram retiradas cerca de 30 cm abaixo da camada superficial de três tipos de solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais (RESENDE et al., 1988), os quais foram determinadas as características físicas (Quadro 1) e químicas (Quadro 2).

**Argissolos:** Formam uma classe bastante heterogênea, que tem em comum um aumento substancial no teor de argila com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B. Podem ser eutróficos (geralmente os mais vermelhos), distróficos ou álicos. Podem ser muito arenosos ou muito argilosos, sendo que as transições de textura entre os horizontes A e B podem ser bruscas ou graduais. Tendem a ter menor perda por lixiviação e a sofrerem perdas mais drásticas com pequeno aumento da declividade. Por outro lado, sendo eutróficos, possuem, em geral, razoáveis teores de minerais primários facilmente intemperizáveis fornecedores de nutrientes (RESENDE et al., 1988).

**Cambissolos:** Apresentam certo grau de evolução do horizonte B, porém, não o suficiente para alterar completamente minerais primários de fácil intemperização. Não possuem acumulação suficiente de argila iluvial que permita classificá-los como solos com horizonte B textural. Muitas vezes, apresentam características morfológicas e mesmo químicas similares às dos Latossolos, porém, deles diferenciam-se por apresentarem altos teores de silte em relação à argila e/ou maior proporção de minerais primários facilmente intemperizáveis (RESENDE et al., 1988).

**Latossolos vermelho amarelo:** Apresentam-se em duas configurações principais: nas chapadas do planalto Central e do Nordeste e nas áreas de domínio amazônico; e de uma forma caracteristicamente acidentada, no domínio do “Mar de Morros”, área de substrato gnáissico-granítico ao longo da faixa atlântica e partes da Amazônia. São solos profundos, muito bem drenados, homogêneos e altamente intemperizados e lixiviados. Tendem a teores de argila médios ou altos. Tipicamente, possuem seqüência de horizontes A-Bw, onde Bw significa horizonte B latossólico (RESENDE et al., 1988).

Após secagem ao ar e peneiramento em malha de 5 mm, procedeu-se à correção da acidez dos solos, utilizando-se uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , na relação estequiométrica de 4:1. A necessidade de calagem foi calculada com base na análise química dos solos (Quadro 2), sendo a saturação por bases elevada a 60%. Após incorporação do corretivo, o solo foi incubado por 30 dias, com manutenção do teor de umidade à capacidade de campo.

Decorridos 30 dias, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas seguintes doses: P = 300 mg/dm<sup>3</sup>, K = 100 mg/dm<sup>3</sup> e S = 40 mg/dm<sup>3</sup>, tendo como fontes  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , KCl e  $\text{K}_2\text{SO}_4$  conforme sugerido por PASSOS (1994), e, ainda, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), Cu = 1,33 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), Mo = 0,15 mg/dm<sup>3</sup> [ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ], Mn = 3,66 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e Zn = 4,0 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) (ALVAREZ V., 1974).

Após a adubação os solos foram acondicionados nos vasos, na quantidade de 1,5 dm<sup>3</sup>/vaso.

Quadro 1: Análise física dos solos utilizados na produção das mudas

Solo	Granulometria				Classe textural
	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	
Argissolo	25	10	10	55	Argila
Cambissolo	25	10	10	55	Argila
Latossolo vermelho amarelo	14	8	10	68	Muito argilosa

Quadro 2: Análise química dos solos utilizados na produção das mudas antes da correção

Solo	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	MO
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%	dag/kg
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

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> – 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 sementes do jacarandá-da-Bahia foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*, fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/EMBRAPA, Seropédica (RJ). A semeadura foi efetuada manualmente e diretamente nos vasos colocando-se 10 sementes/vaso. O raleio foi realizado 20 dias após a semeadura, optando-se por manter apenas a muda mais vigorosa e central.

Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio aplicadas por solução na forma de nitrato de amônio [ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ], sulfato de amônio [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] e nitrato de cálcio [ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ] e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200  $\text{mg}/\text{dm}^3$  de N), aplicadas em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 1,5  $\text{dm}^3$  de substrato contendo uma muda. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a 3 fontes nitrogenadas, 5 doses e 3 solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

As características morfológicas, e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas (GOMES, 2001), foram analisadas ao término do experimento, 125 dias após a semeadura, quando também se verificou a presença e o número de nódulos 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), efetuada do nível do substrato até o ápice, e o DC foram mensurados por meio de régua milimetrada e paquímetro, respectivamente.

O PMSPA e o PMSR foram obtidos após secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a 60<sup>o</sup>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 em função das variáveis H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, mediante a seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960, citados por GOMES, 2001).

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

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, testes de médias e análise de regressão, utilizando-se o software SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética) (EUCLYDES, 1997). Na escolha das equações de regressão considerou-se a significância dos coeficientes, testada até o nível de 15% de probabilidade, e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC) e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC)

A resposta das mudas de jacarandá-da-Bahia a diferentes fontes e doses de nitrogênio para as diversas características e relações avaliadas encontra-se na Tabela 1. As plantas referentes ao tratamento testemunha (Dose = 0 mg/dm<sup>3</sup>) apresentaram crescimento em altura inferior a 50%, comparativamente aos melhores tratamentos.

A altura da parte aérea das mudas foi significativamente afetada pelas doses de N em cada substrato, independente da fonte aplicada, verificando-se efeito linear de doses para argissolo e cambissolo, com superioridade para o argissolo, sendo que, a maior média da H (64,7 cm), para os dois substratos no intervalo de doses aplicadas, foi obtida na dose de 200 mg/dm<sup>3</sup> de N. No substrato latossolo, o efeito quadrático de doses possibilitou a determinação do maior valor para a H das mudas (54,3 cm) obtido na dose de 140 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 1).

Sobre a H também se verificou o efeito principal de fonte, sendo que as maiores médias foram obtidas com as fontes amoniacais, onde o sulfato de amônio, superou a média obtida com o nitrato de cálcio (Figura 2). Apesar da H ser uma excelente característica para avaliar o padrão de qualidade das mudas, alguns trabalhos relatam resultados contraditórios, como o de BARROS et al. (1978), onde os autores constataram em mudas de *Eucalyptus grandis* com as maiores alturas, menores taxas de crescimento e sobrevivência após o plantio. Os mesmos autores ainda observaram que a redução no crescimento das plantas foi maior nas mudas mais altas com pequenos DC do que nas de

maiores diâmetros, confirmando a importância de se utilizar mais de uma característica na classificação do padrão de qualidade das mudas.

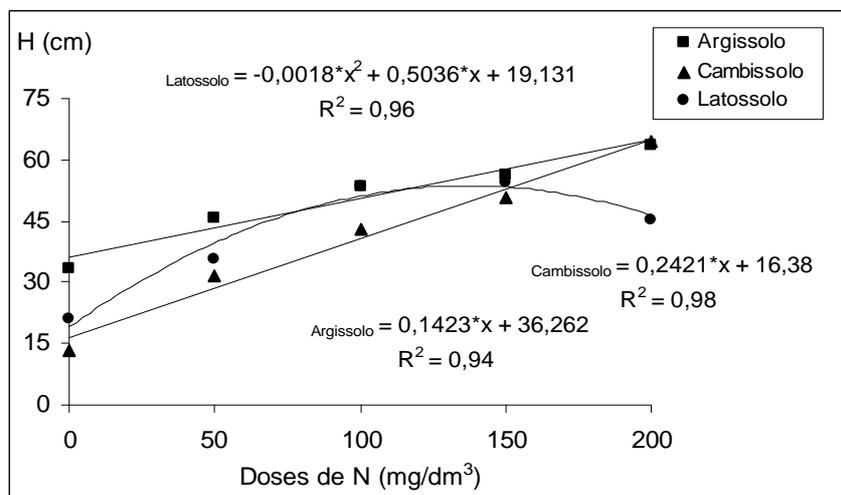


Figura 1 – Altura da parte aérea (H) das mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N, para os três solos estudados. \* significativo a 5% de probabilidade.

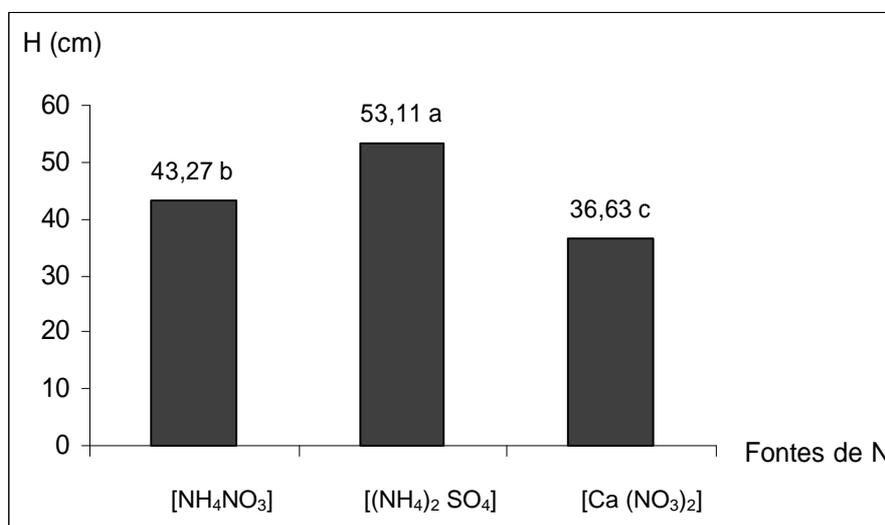


Figura 2 - Altura da parte aérea (H) das mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características e relações estudadas, na produção de mudas de jacarandá-da-Bahia, avaliadas aos 125 dias após a semeadura.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO								
		H	DC	RHDC	PMST	PMSPA	PMSR	RHPMSP A	RPMSPA R	IQD
Solo (S)	2	1728,63*	35,79*	12,21 <sup>ns</sup>	74,53*	37,12*	6,54*	7364,91*	0,57 <sup>ns</sup>	0,59*
Fonte (F)	2	4121,76*	13,10*	19,35*	66,45*	37,40*	4,16*	808,76 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,20*
Dose (D)	4	7438,79*	25,36*	109,95*	86,81*	54,47*	3,89*	12648,10*	21,47*	0,32*
S x F	4	321,19 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	13,47 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	169,52 <sup>ns</sup>	2,75*	0,002 <sup>ns</sup>
S x D	8	506,42*	2,56*	11,30 <sup>ns</sup>	10,20*	6,20*	0,54*	3360,25*	1,52 <sup>ns</sup>	0,06*
F x D	8	445,07 <sup>ns</sup>	2,42*	14,44*	8,98*	5,36*	0,57*	197,84 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	0,04*
S x F x D	16	374,42 <sup>ns</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	4,64 <sup>ns</sup>	5,47 <sup>ns</sup>	3,41 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	87,79 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>
Resíduo	135	240,33	1,02	5,71	3,72	2,17	0,26	293,46	1,02	0,016
CV (%)		34,96	23,76	23,72	63,96	67,65	62,11	47,88	39,59	57,33

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

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Sobre o DC das mudas, verificou-se efeito significativo nas interações solos x doses e fontes x doses. Dentre os solos, observou-se efeito linear de doses para o substrato cambissolo, obtendo-se o maior diâmetro (5,34 mm) na maior dose aplicada. No argissolo e latossolo, os maiores valores obtidos para o DC foram respectivamente 5,81 e 4,39 mm, nas doses de 151 e 126 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente (Figura 3), detectados por meio de modelos quadráticos. Em mudas de sesbânia, o aumento das doses de N também possibilitou maior incremento em altura, diâmetro do coleto e área foliar das mudas, nas condições experimentais adotadas (BARROSO et al., 2000).

Quanto à interação fontes x doses, verificou-se efeito quadrático de doses sobre o DC para as três fontes aplicadas, com a existência de pontos de máxima produção, 5,0; 5,6 e 4,2 mm, respectivamente para nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio em torno das doses de 175, 174 e 128 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente (Figura 4).

Sobre a RHDC verificou-se efeito linear de doses com médias de 9,98; 10,68 e 9,58 para nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio, respectivamente (Figura 5), sendo que, os melhores índices foram obtidos com nitrato de cálcio (7,41) e nitrato de amônio (9,54) nas doses de 50 e 150 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente. Deste modo, apenas o nitrato de cálcio se enquadrou no valor (inferior a “8”) da RHDC, recomendado por MITCHEL et al., citados por HUNT (1990) e por CARNEIRO (1995).

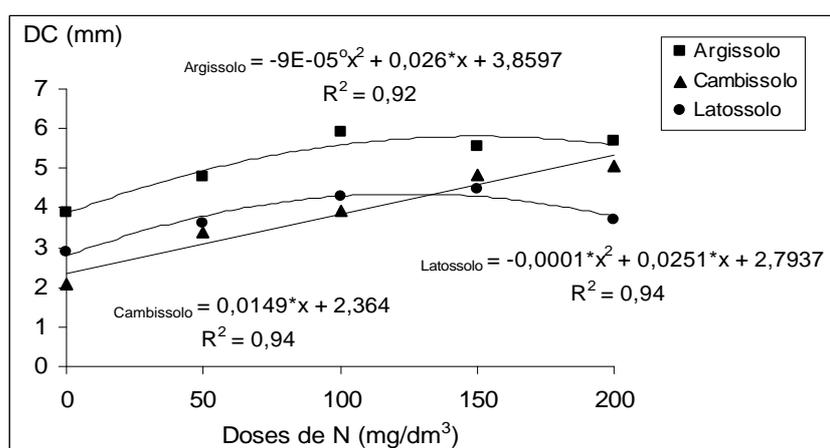


Figura 3 – Diâmetro do coleto (DC) das mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

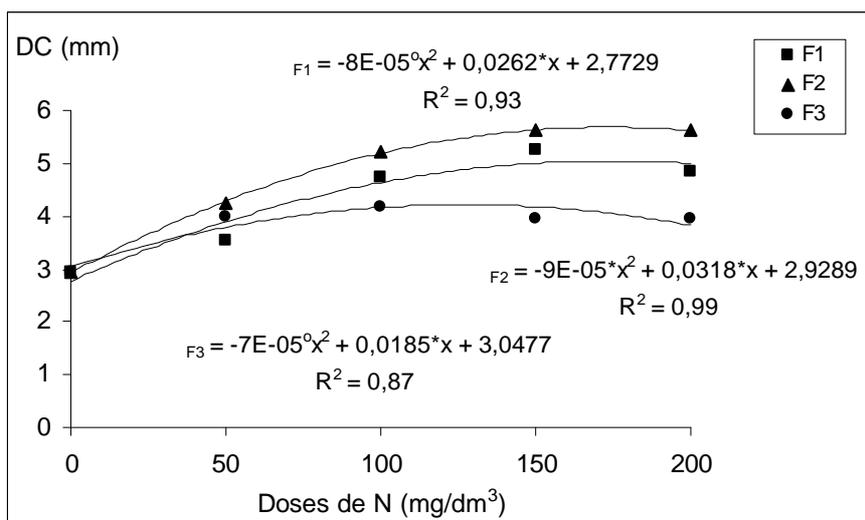


Figura 4 – Diâmetro do coleto (DC) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio). \* e <sup>o</sup>, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

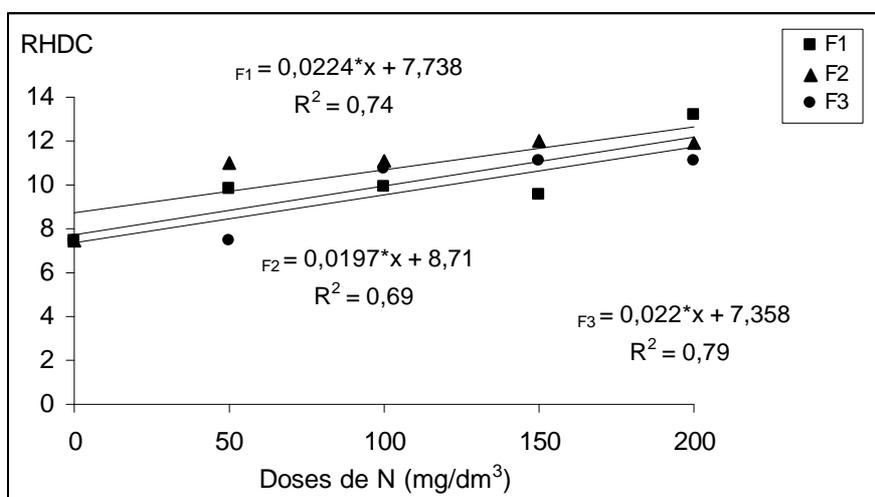


Figura 5 – Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio). \* significativo a 5 % de probabilidade.

### 3.2 Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), Peso de matéria seca de raízes (PMSR) e Peso de matéria seca total (PMST)

A produção de matéria seca da parte aérea das mudas foi significativamente afetada pela interação solos x doses. No substrato cambissolo, a produção foi crescente e linearmente relacionada com a dose, variando de 0,42 a 3,72 g, quando a dose de N aplicada variou de zero (testemunha) a 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente, à semelhança de mudas de eucalipto que receberam adubação nitrogenada, onde a produção de matéria seca variou de 0,9 a 3,2 g/planta (LOCATELLI et al., 1984). Para os outros substratos, o efeito quadrático de doses sobre o PMSPA, permitiu ajustar equações para estimar a dose associada com a produção máxima (4,5 g para argissolo e 2,7 g para latossolo), que foram da ordem de 196 e 158 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente, para argissolo e latossolo (Figura 6).

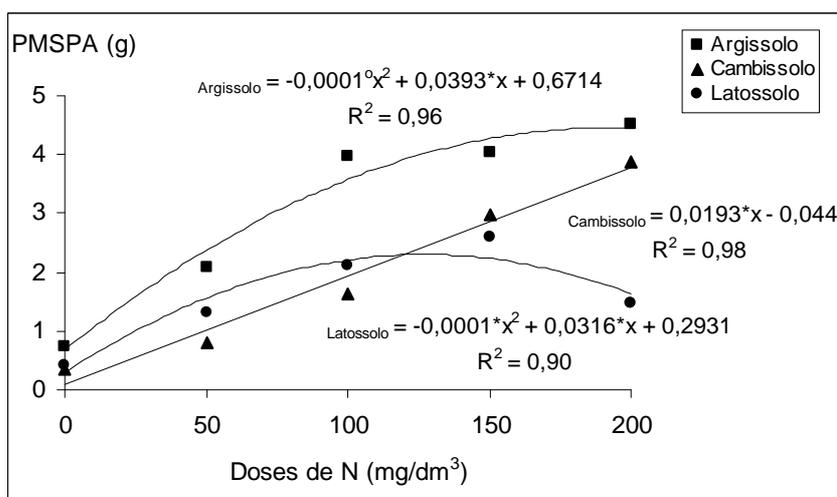


Figura 6 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Na interação fontes x doses, o efeito de doses foi linear sobre PMSPA, variando de 0,7 a 5,2 g para o sulfato de amônio e 0,4 a 3,6 g para o nitrato de amônio, nas doses de 0 a 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente. Para o nitrato de

cálcio o efeito foi quadrático, verificando-se o maior PMSPA (1,98 g) na dose de 140 mg/dm<sup>3</sup> de N, duas vezes menos que o encontrado com o sulfato de amônio na maior dose aplicada (Figura 7). Resultados semelhantes foram encontrados por LOCATELLI et al. (1984), onde o sulfato de amônio, proporcionou a máxima produção de matéria seca da parte aérea em mudas de eucalipto.

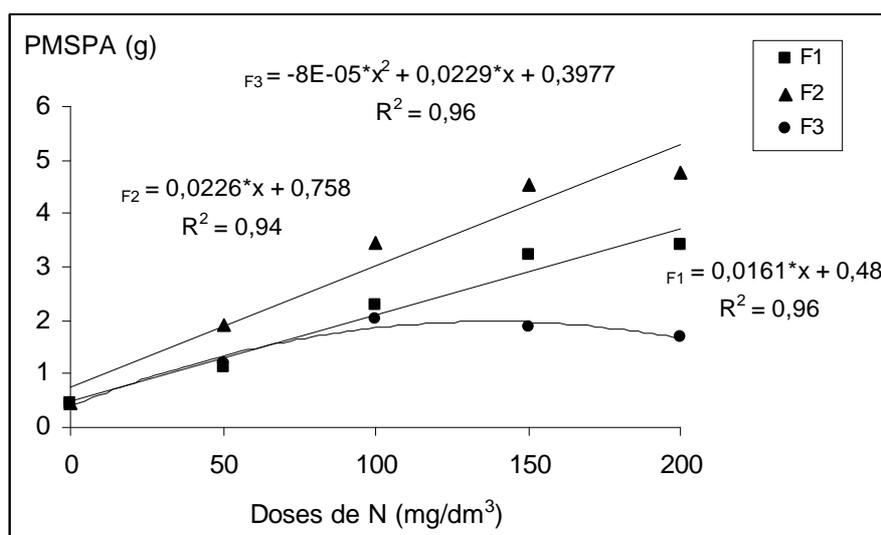


Figura 7 - Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrito de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrito de cálcio). \* significativo a 5 % de probabilidade.

O PMSR, à semelhança do PMSPA, também foi significativamente afetado pela interação solos x doses. Constatou-se efeito linear de doses no cambissolo, com produção de 1,15 g na maior dose aplicada. Nos outros solos, o efeito quadrático possibilitou a determinação dos pontos de máxima produção, 1,60 g para argissolo e 0,83 g para latossolo, obtidos nas doses de 140 e 121 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente (Figura 8). Na interação fontes x doses, as três fontes de N aplicadas apresentaram comportamento quadrático de doses sobre o PMSR, verificando-se maior produção com as fontes amoniacais. Nas doses de 186 e 172 mg/dm<sup>3</sup> de sulfato de amônio e nitrito de amônio, respectivamente, o PMSR foi de 1,68 e 1,14 g, respectivamente,

enquanto na dose de 133 mg/dm<sup>3</sup> de nitrato de cálcio, o PMSR foi de 0,68 g, ou seja, duas vezes menos que o produzido com sulfato de amônio (Figura 9). Para mudas de *Sesbania virgata*, a aplicação de sulfato de amônio como a de nitrato de amônio, promoveu aumento no comprimento médio das raízes regeneradas após a poda, à medida que as doses de N eram aumentadas (CHAVES et al., 2003).

Para o PMST, observou-se na interação solos x doses à semelhança do PMSPA e PMSR, efeito quadrático de doses nos substratos argissolo e latossolo, nos quais o maior valor (6,05 g) foi obtido no argissolo, na dose de 180 mg/dm<sup>3</sup> de N, e o menor (3,19 g) no latossolo, na dose de 128 mg/dm<sup>3</sup> de N. Já no cambissolo, constatou-se efeito linear, com produção de 4,9 g na dose de 200 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 10).

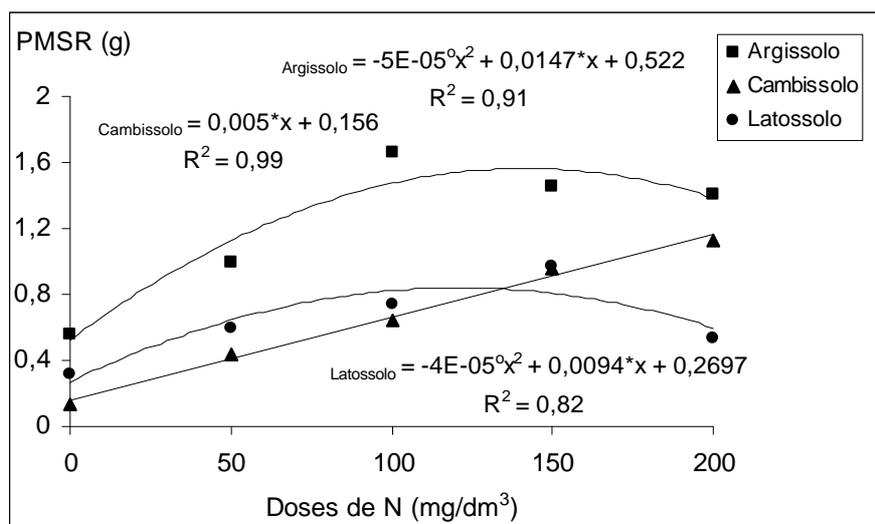


Figura 8- Peso de matéria seca das raízes (PMSR) de mudas de jacarandá-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

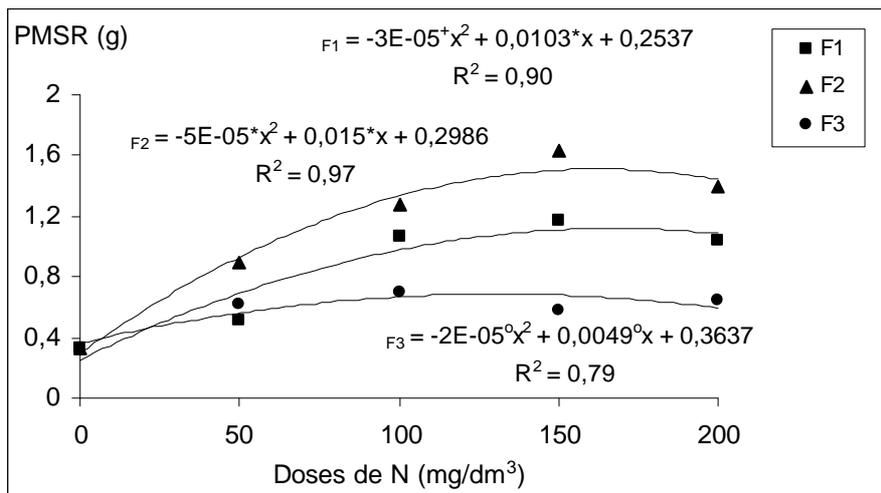


Figura 9- Peso de matéria seca das raízes (PMSR) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio). \*, ° e +, significativo a 5, 10% e 15% de probabilidade, respectivamente.

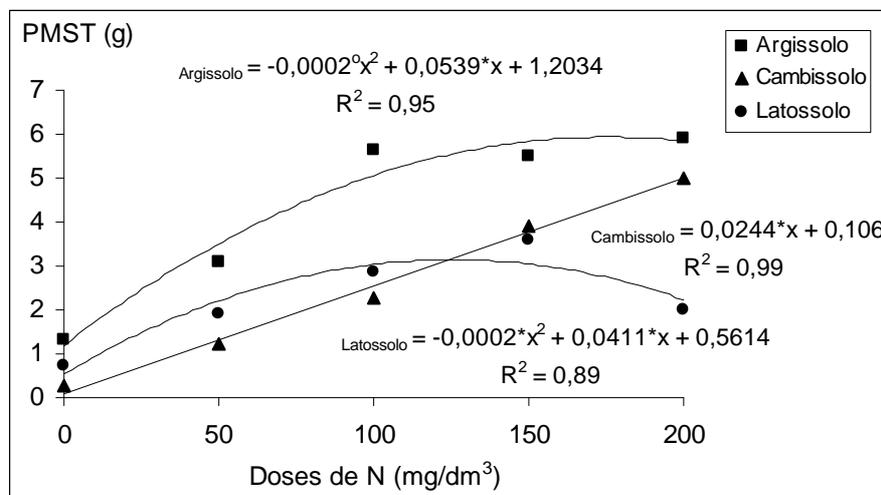


Figura 10 - Peso de matéria seca total (PMST) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Na interação fontes x doses, verificou-se efeito linear para as fontes amoniacais que produziram as maiores médias de PMST, variando de 1,28 a 6,88 g quando aplicado o sulfato de amônio e 0,89 a 4,89 g quando da

aplicação do nitrato de amônio, respectivamente para a menor e maior dose aplicada. O maior valor para o PMST (2,68 g) com a aplicação do nitrato de cálcio, foi obtido na dose de 138 mg/dm<sup>3</sup>, quase três vezes menos que a produção com o sulfato de amônio (Figura 11). Em experimento com coníferas sob o efeito da adubação nitrogenada, observou-se que para *Pinus contorta*, uma das espécies estudadas, o suprimento com N-amoniaco ocasionou resultados significativamente maiores em termos de peso de matéria seca e área foliar total, do que o observado com a fonte nítrica. Já *Tsuga heterophylla*, outra espécie avaliada, não demonstrou diferença significativa com relação à altura, porém, o peso de matéria fresca da parte aérea e raízes das plantas que receberam o N-amoniaco ou uma combinação da forma nítrica e amoniaco, foram significativamente maiores, evidenciando que, as plantas supridas com N-amoniaco foram mais eficientes em termos de produção de biomassa (KRAJINA et al., 1973).

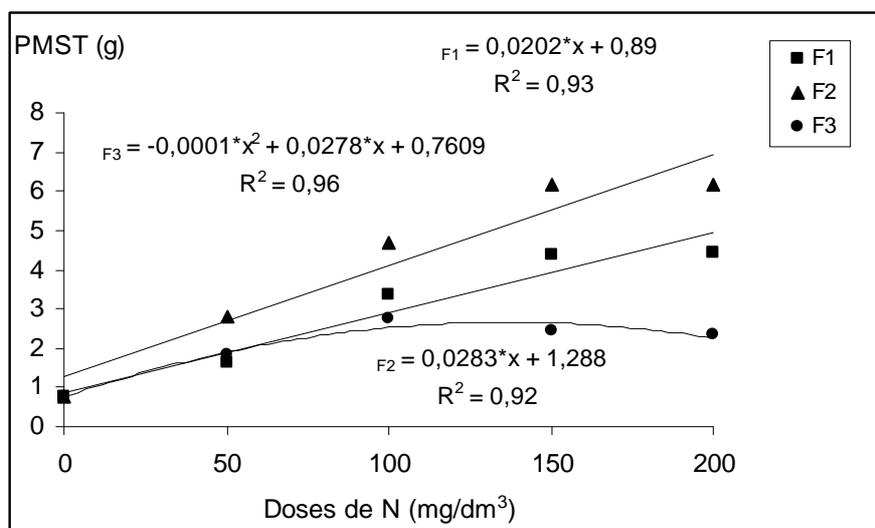


Figura 11- Peso de matéria seca total (PMST) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrito de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrito de cálcio). \* significativo a 5 % de probabilidade.

### 3.3 Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (PMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)'

Sobre a RHPMSPA apenas a interação solos x doses foi significativa, verificando-se efeito quadrático de doses sobre esta característica em todos os substratos. Os melhores valores para este índice, 11,94 para argissolo, 16,17 para cambissolo e 29,30 para latossolo, foram obtidos nas doses de 141, 151 e 117 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente (Figura 12), independente da fonte aplicada. Uma vez que, quanto menor for o quociente obtido, melhor o padrão de qualidade das mudas (GOMES, 2001), o argissolo mostrou-se superior aos demais substratos.

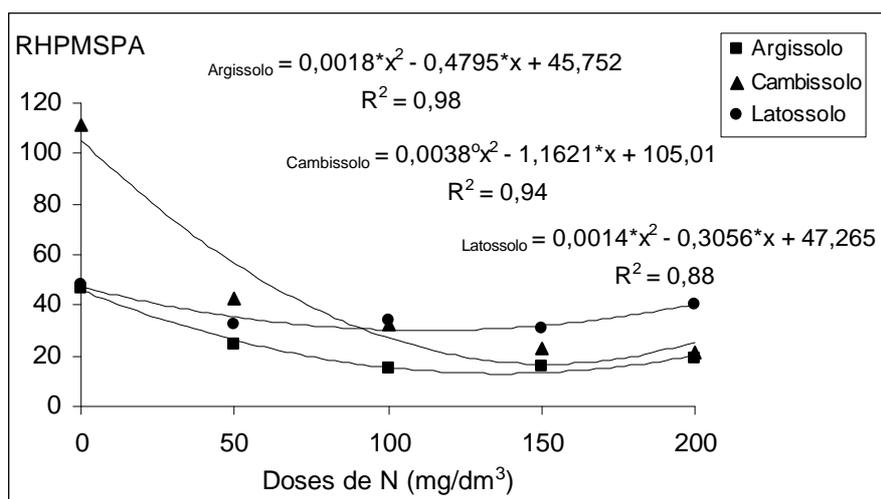


Figura 12 - Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

Na RPMSPAR, apesar da análise de variância mostrar efeito significativo na interação solos x fontes, verifica-se na Figura 13, após desdobramento por meio de teste de média, que não houve diferença significativa entre as fontes de N aplicadas em cada solo estudado, verificando-se equivalências entre as médias da relação, que foram de 2,46; 2,54 e 2,66 para nitrato de amônio,

sulfato de amônio e nitrato de cálcio, respectivamente. Por outro lado, verificou-se o efeito principal de dose sobre a RPMSPAR, encontrando-se os piores índices (2,56; 3,02 e 3,49) nas doses de 100, 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, e os melhores (1,63 e 2,09) nas doses de 0 e 50 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 14). Considerando “2,0” a melhor RPMSPAR (BRISSETE, 1984, citado por GOMES, 2001) e apesar dos índices encontrados estarem próximos deste valor, a dose de 50 mg/dm<sup>3</sup> de N, produziu mudas com proporções mais equilibradas entre parte aérea e raízes. Segundo FONSECA et al. (2002), de modo geral, maior acúmulo de matéria seca na parte aérea pode ser explicado, em parte, pelo pequeno volume do recipiente utilizado, uma vez que este pode restringir a disponibilidade de água e nutrientes, bem como a expansão do sistema radicular, desequilibrando a partição de biomassa.

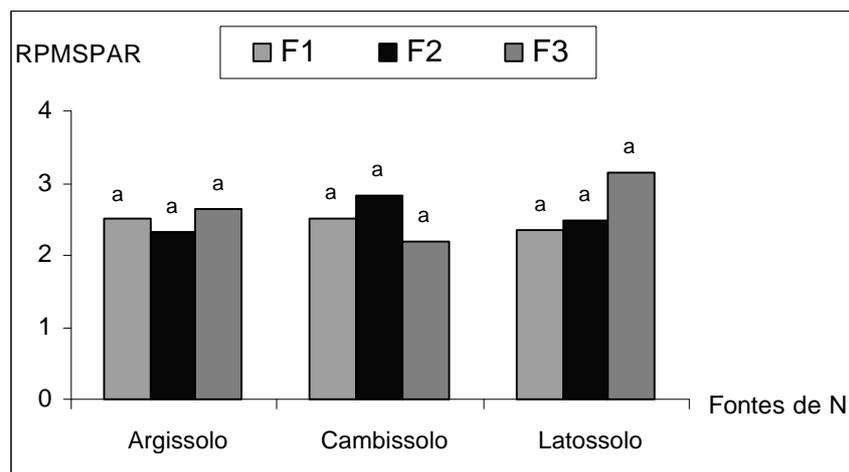


Figura 13 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular (RPMSPAR) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a fontes de N aplicadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio) em cada solo estudado. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

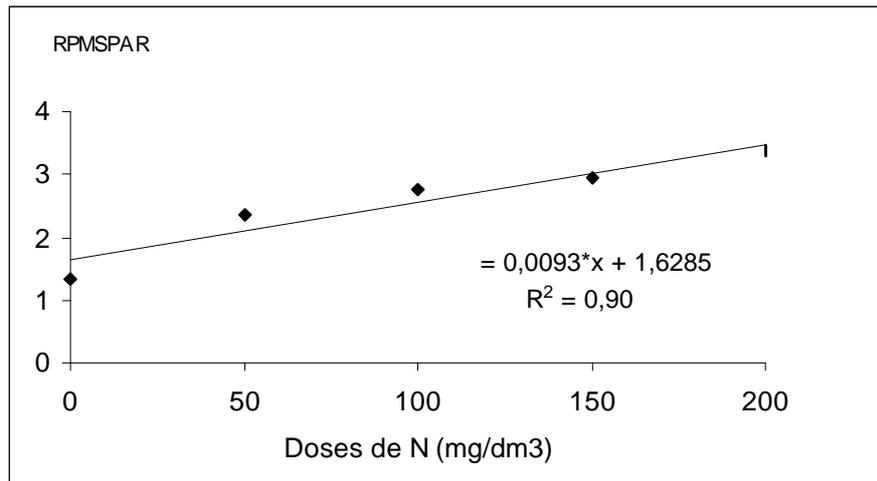


Figura 14 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular (RPMSPAR) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. \* significativo a 5 % de probabilidade.

Verificou-se no IQD que a interação fontes x doses foi significativa, com efeito quadrático de doses sobre este índice para as fontes amoniacais, que produziram os maiores índices (0,41 e 0,34 nas doses de 185 e 200 mg/dm<sup>3</sup>, para sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente). Logo, mudas de melhor qualidade, quando comparadas com a fonte nítrica, que proporcionou o melhor índice (0,20), na dose de 125 mg/dm<sup>3</sup> de N, porém valor inferior aos encontrados para as demais fontes (Figura 15).

Quanto aos substratos, observou-se sobre o IQD, efeito linear de doses para cambissolo, onde o maior índice (0,31) foi obtido na máxima dose aplicada, e efeito quadrático para argissolo e latossolo, que apresentaram o maior (0,46) e o menor (0,20) IQD, nas doses de 146 e 122 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente (Figura 16). Segundo FONSECA et al. (2002), o IQD foi um bom parâmetro para indicar o padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha*, crescidas nas condições de viveiro suspenso, uma vez que, as mudas com maiores índices apresentaram maiores valores de diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e total, e menores valores da RPMSPAR e RHDC.

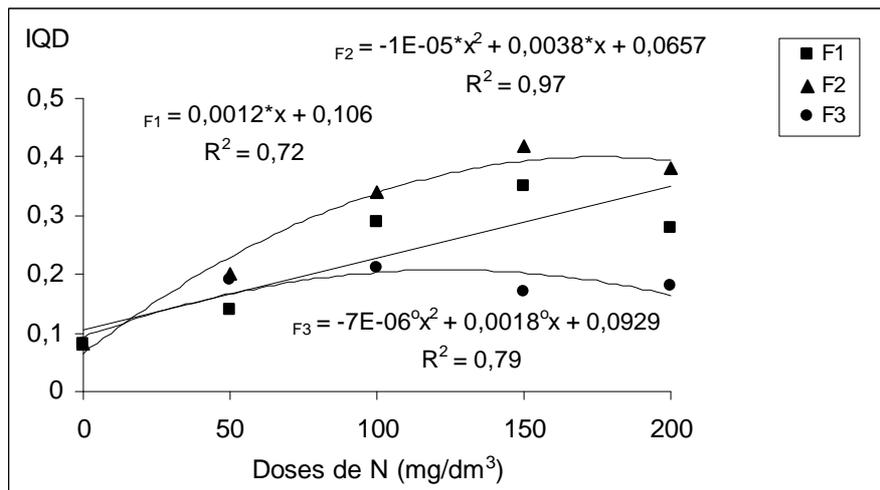


Figura 15 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrito de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrito de cálcio). \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

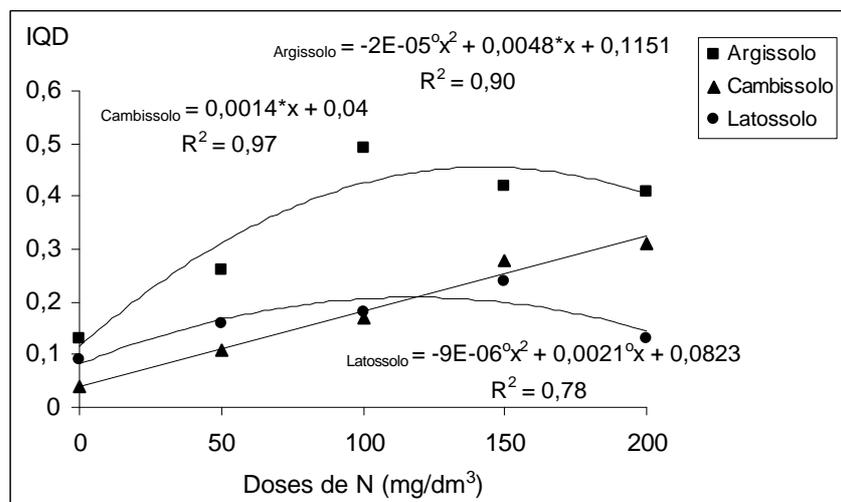


Figura 16 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de jacarandá-da-Bahia, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

### 3.4 Nodulação

Não se verificou a presença de nódulos no sistema radicular das mudas de jacarandá-da-Bahia que receberam as doses de 100, 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, independente da fonte aplicada, provavelmente devido a estas quantidades terem sido suficientes para suprir as exigências nutricionais quanto ao N, inibindo a infecção nas raízes pelo rizóbio. No entanto, em todos os solos verificou-se a presença de nódulos nas mudas do tratamento testemunha (0 mg/dm<sup>3</sup> de N) e nas plantas que receberam a dose de 50 mg/dm<sup>3</sup> de N, independente da fonte aplicada, indicando, neste caso, que a demanda nutricional pode ter sido suprida com o N-mineral e também com o N fixado biologicamente.

## 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

- As mudas de jacarandá-da-Bahia responderam positivamente à adição de N-mineral nos três substratos estudados com diferentes disponibilidades de nitrogênio.
- As melhores médias de todas as características avaliadas foram observadas no substrato argissolo, com exceção da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular. O melhor desempenho das mudas nesse solo se deve, provavelmente devido a sua maior fertilidade natural entre outras características físicas, como a maior estabilidade dos agregados, conferindo-lhe maior capacidade de retenção de água, proporcionando melhores condições para a absorção de nutrientes e o crescimento radicular e conseqüentemente da planta, o que não implica na não utilização dos outros dois solos testados.
- As fontes nitrogenadas tiveram efeito positivo e significativo sobre altura da parte aérea, diâmetro do coleto, relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total e índice de qualidade de Dickson. As melhores médias foram obtidas com o sulfato de amônio, exceto para a relação altura da

parte aérea/diâmetro do coleto, onde o nitrato de cálcio proporcionou o melhor índice, sendo viável também, na impossibilidade da utilização desta, o emprego das outras duas fontes testadas.

- As doses que proporcionaram as melhores médias em todas as características avaliadas, com exceção da relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca do sistema radicular, variaram de 140 a 200 mg/dm<sup>3</sup> de N.

- Recomenda-se na produção de mudas de jacarandá-da-Bahia, uma dose média de 180 mg/dm<sup>3</sup> de N, tendo como fonte o sulfato de amônio

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. . Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; COUTO, L.; RESENDE, G. C. Efeitos de recipientes na sobrevivência e no crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* no viveiro e no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v.2, n.2, p. 141-151, jul./dez.1978.

BARROSO, D. G.; CARVALHO, F. A.; CARNEIRO, J. G. A.; CHAVES, L. L. B. Efeito de diferentes doses de nitrogênio em mudas de sesbânia (*Sesbania virgata* Raddi) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), produzidas em resíduos agro-industriais como substrato, In: FOREST 2000, Porto Seguro, 2000. **Resumos...** Porto Seguro: Biosfera, 2000, p. 120-121.

BLEVINS, D. G. An overview of nitrogen metabolism in higher plants. In: POULTON, J. E.; ROMEO, J. T., CONN, E. E. (Eds.). **Plant nitrogen metabolism**. New York: Plenum Press, 1989. p.234-256.

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

CHAVES, L. de F. de C.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. S. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de sesbânia em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.4, p.443-449, jul./ago. 2003.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas). Viçosa: UFV, 1997. 59p.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. 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, jul./ago.2002.

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.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

KRAJINA, V. J.; MADOC-JONES, S.; MELLOR, G. Short communication. Ammonium and nitrate in the nitrogen economy of some conifers growing in Douglas-fir communities of the Pacific North-West of America. **Soil Biology Biochemistry**. Canberra, v. 5, n. 1, p. 143-147, jan. 1973.

LOCATELLI, M. BARROS, N. F.; BRANDI, R. M.; NEVES, J. C. L.; GOMES, J. M. G. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 39-52, jan./jun.1984.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. v. 1., 368p.

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-MG.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília:Ministério da Educação; Lavras:ESAL; Piracicaba:POTAFOS, 1988. 81p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil; manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981. 269p.

**Capítulo 3** - Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.).

RESUMO

MARQUES, Vanderleia Braga, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2004. **Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**. Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Conselheiros: José Mauro Gomes, Júlio César Lima Neves.

A obtenção de mudas de qualidade antes do plantio definitivo é importante e pode ser alcançado de maneira prática, por meio da avaliação de características morfológicas, que se baseiam em aspectos fenotípicos como altura, diâmetro do coleto e peso de matéria seca, sendo normalmente os mais empregados por serem de fácil entendimento e avaliação. Um aspecto importante na produção de mudas com alto padrão de qualidade, é o conhecimento sobre o comportamento nutricional das espécies. Neste trabalho, objetivou-se avaliar, por meio de características morfológicas e suas relações, o efeito de fontes e doses de N no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). As mudas foram produzidas em amostras de três tipos de solo (argissolo, cambissolo e latossolo), contidas em vasos com capacidade de 1,5 dm<sup>3</sup> de capacidade. O experimento foi conduzido no período de novembro de 2003 a março de 2004. As fontes utilizadas foram nitrato de amônio, nitrato de cálcio e sulfato de amônio em cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200 mg/dm<sup>3</sup> de N) igualmente parceladas e aplicadas aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente

casualizado, em esquema fatorial (3 x 5 x 3), com quatro repetições. Na colheita, aos 125 dias após a semeadura, as mudas produzidas no substrato argissolo proporcionaram as melhores médias para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e total. Os melhores índices para a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto, relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes foram obtidos no latossolo e índice de qualidade de Dickson no cambissolo. As fontes nitrogenadas tiveram efeito positivo e significativo sobre o diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca das raízes, peso de matéria seca total, índice de qualidade de Dickson e número de nódulos, com maiores médias encontradas para as fontes amoniacais, com superioridade para o sulfato de amônio. As melhores médias em todas as características avaliadas, com base no intervalo estudado, foram proporcionadas com doses variando de 124 a 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, com exceção da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes, uma vez que, nesta relação apenas se verificou o efeito das doses de N, com os melhores índices nas doses de 0 e 50 mg/dm<sup>3</sup> de N. Deste modo, recomenda-se na produção de mudas de sabiá, uma dose média de 176 mg/dm<sup>3</sup>, tendo como fonte o sulfato de amônio.

## 1. INTRODUÇÃO

Sabiá ou sansão do campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) é uma espécie florestal nativa da família Leguminosae-Mimosoideae. É uma planta pioneira, decídua, heliófila, característica da caatinga no Nordeste do país. Sua madeira é utilizada, dentre outros fins, para produção de moirões, estacas, postes, lenha e carvão, e devido a sua forma entouceirada, também é empregada como cerca viva (LORENZI, 1998). Além disso, é uma das leguminosas arbóreas com grande potencial para reflorestamentos na região semi-árida, devido a seu rápido crescimento e sua resistência a estiagens prolongadas (ALMEIDA et al., 1986). Portanto, para um crescimento adequado após o plantio, é necessário inicialmente fornecer condições ao desenvolvimento das mudas, melhorando sua qualidade por meio de práticas de manejo, dentre elas a nutrição mineral.

As características morfológicas e fisiológicas das mudas estão relacionadas com a qualidade genética e procedência das sementes, com as condições ambientais no viveiro, com a estrutura e equipamentos utilizados, armazenamento e transporte das plantas, e sobretudo, com os métodos utilizados na produção da mudas, como o tipo de recipiente, irrigações, podas, adubações, substratos, dentre outros PARVIAINEN (1981). A fertilidade do substrato é muito importante, pois disponibilizará os nutrientes em quantidades balanceadas, resultando no crescimento das mudas, melhoria das características que avaliam sua qualidade, além de torná-las mais resistentes às condições adversas após o plantio (CARNEIRO, 1995).

De todos os nutrientes, o nitrogênio é o elemento que se encontra em maiores concentrações nos vegetais superiores e tem merecido atenção, uma

vez que se mostra limitante ao crescimento e produção florestal (NAMBIAR, 1989). Embora o íon nitrato seja a principal forma de nitrogênio inorgânico disponível para as plantas, o íon amônio podem predominar em algumas condições de solos e certos estágios sucessionais (SMIRNOFF e STEWARD, 1985).

As respostas das plantas à adubação nitrogenada variam com o sítio, a espécie, a dose e fonte de N. PEREIRA et al. (1996) verificaram que fedegoso, cássia-verrugosa, cinamomo e jacarandá mimoso têm maior crescimento com a adição de N-mineral na forma nítrica, enquanto DRIESSCHE (1978) demonstrou que na produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii*, sob condições ácidas, a forma nítrica resultou em maior crescimento das mudas quando comparado à forma amoniacal, ocorrendo o oposto sob condições neutras.

Neste trabalho objetivou-se avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), produzidas em amostras de três tipos de solo, predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Viçosa, Minas Gerais, no período de novembro de 2003 a fevereiro de 2004, com temperatura média diária de 21,11°C, máxima de 26,52°C e mínima de 17,68°C. As médias diárias de precipitação e umidade relativa do ar foram de 7,5 mm e 76,66%, respectivamente.

### **Caracterização do solo**

As amostras de solos utilizadas como substrato na produção das mudas foram retiradas cerca de 30 cm abaixo da camada superficial de três tipos de solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais (RESENDE et al., 1988), os quais foram determinadas as características físicas (Quadro 1) e químicas (Quadro 2).

**Argissolos:** Formam uma classe bastante heterogênea, que tem em comum um aumento substancial no teor de argila com profundidade e/ou evidências de movimentação de argila do horizonte A para o horizonte B. Podem ser eutróficos (geralmente os mais vermelhos), distróficos ou álicos. Podem ser muito arenosos ou muito argilosos, sendo que as transições de textura entre os horizontes A e B podem ser bruscas ou graduais. Tendem a ter menor perda por lixiviação e a sofrerem perdas mais drásticas com pequeno aumento da declividade. Por outro lado, sendo eutróficos, possuem, em geral, razoáveis teores de minerais primários facilmente intemperizáveis fornecedores de nutrientes (RESENDE et al., 1988).

**Cambissolos:** Apresentam certo grau de evolução do horizonte B, porém, não o suficiente para alterar completamente minerais primários de fácil intemperização. Não possuem acumulação suficiente de argila iluvial que permita classificá-los como solos com horizonte B textural. Muitas vezes, apresentam características morfológicas e mesmo químicas similares às dos Latossolos, porém, deles diferenciam-se por apresentarem altos teores de silte em relação à argila e/ou maior proporção de minerais primários facilmente intemperizáveis (RESENDE et al., 1988).

**Latossolos vermelho amarelo:** Apresentam-se em duas configurações principais: nas chapadas do planalto Central e do Nordeste e nas áreas de domínio amazônico; e de uma forma caracteristicamente acidentada, no domínio do “Mar de Morros”, área de substrato gnáissico-granítico ao longo da faixa atlântica e partes da Amazônia. São solos profundos, muito bem drenados, homogêneos e altamente intemperizados e lixiviados. Tendem a teores de argila médios ou altos. Tipicamente, possuem seqüência de horizontes A-Bw, onde Bw significa horizonte B latossólico (RESENDE et al., 1988).

Após secagem ao ar e peneiramento em malha de 5 mm, procedeu-se à correção da acidez dos solos, utilizando-se uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ , na relação estequiométrica de 4:1. A necessidade de calagem foi calculada com base na análise química dos solos (Quadro 2), sendo a saturação por bases elevada a 60%. Após incorporação do corretivo, o solo foi incubado por 30 dias, com manutenção do teor de umidade à capacidade de campo.

Decorridos 30 dias, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas seguintes doses: P = 300 mg/dm<sup>3</sup>, K = 100 mg/dm<sup>3</sup> e S = 40 mg/dm<sup>3</sup>, tendo como fontes  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , KCl e  $\text{K}_2\text{SO}_4$  conforme sugerido por PASSOS (1994), e, ainda, uma solução de micronutrientes, nas seguintes doses: B = 0,81 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), Cu = 1,33 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), Mo = 0,15 mg/dm<sup>3</sup> [ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ], Mn = 3,66 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{MnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e Zn = 4,0 mg/dm<sup>3</sup> ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) (ALVAREZ V., 1974).

Após a adubação os solos foram acondicionados nos vasos, na quantidade de 1,5 dm<sup>3</sup>/vaso.

Quadro 1: Análise física dos solos utilizados na produção das mudas

Solo	Granulometria				Classe textural
	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)	
<b>Argissolo</b>	25	10	10	55	Argila
<b>Cambissolo</b>	25	10	10	55	Argila
<b>Latossolo vermelho amarelo</b>	14	8	10	68	Muito argilosa

Quadro 2: Análise química dos solos utilizados na produção das mudas antes da correção

Solo	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(T)	V	MO
	H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%	dag/kg
<b>Argissolo</b>	5,64	1,5	16	1,74	0,17	0,00	3,0	1,95	4,95	39,4	2,82
<b>Cambissolo</b>	5,60	1,5	66	1,00	0,31	0,00	1,7	1,48	3,18	46,5	2,55
<b>Latossolo</b>	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

Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> - 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 sementes de sabiá foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*, fornecidas pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia/EMBRAPA, Seropédica (RJ). A semeadura foi efetuada manualmente e diretamente nos vasos colocando-se 10 sementes/vaso. O raleio foi realizado 20 dias após a semeadura, optando-se por manter apenas a muda mais vigorosa e central.

Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio aplicadas por solução na forma de nitrato de amônio [NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>], sulfato de

amônio  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  e nitrato de cálcio  $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$  e cinco doses (0, 50, 100, 150 e 200  $\text{mg}/\text{dm}^3$  de N), aplicadas em quatro porções iguais aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura.

A unidade experimental foi constituída por um vaso com capacidade de 1,5 kg de substrato contendo uma muda. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a 3 fontes nitrogenadas, 5 doses e 3 solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

As características morfológicas, e suas relações para determinação dos índices de qualidade das mudas (GOMES, 2001), foram analisadas ao término do experimento, 125 dias após a semeadura, quando também se verificou a presença e o número de nódulos 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), efetuada do nível do substrato até o ápice, e o DC foram mensurados por meio de régua milimetrada e paquímetro, respectivamente.

O PMSPA e o PMSR foram obtidos após secagem do material vegetal em estufa com circulação de ar forçada, a  $60^\circ\text{C}$ , 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 em função das variáveis H, DC, PMST, PMSPA e PMSR, mediante a seguinte fórmula (DICKSON et al., 1960, citados por GOMES, 2001):

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

Os dados foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, testes de médias e análise de regressão, utilizando-se o software SAEG (Sistema de Análises Estatística e Genética) (EUCLYDES, 1997). Na escolha das equações de regressão considerou-se a significância dos coeficientes, testada até o nível de 15% de probabilidade, e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Altura da parte aérea (H), Diâmetro do coleto (DC) e Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC)

De acordo com a análise de variância, constatou-se diferenças significativas de solos, doses e fontes estudadas sobre as características morfológicas avaliadas (Tabela 1). A aplicação dos fertilizantes nitrogenados levou a ganhos em crescimento das mudas.

Verificou-se para H o efeito principal de dose de N e solo, sem a interação entre esses fatores. O efeito linear de dose proporcionou o maior valor para H (71,51 cm) na dose de 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, independentemente da fonte aplicada (Figura 1), comportamento semelhante ao encontrado por BARROSO et al. (2000), para mudas dessa mesma espécie produzidas em substrato constituído por resíduos agroindustriais. Quanto aos substratos, verificou-se o maior valor para H (59,00 cm) no argissolo e o menor (43,05 cm) no latossolo (Figura 2).

Para o DC, verificou-se efeito significativo apenas para a interação solos x doses de N, notando-se efeito linear de doses para o latossolo, obtendo-se o maior diâmetro (7,90 mm) na máxima dose aplicada. Este incremento no DC com o aumento das doses de N também foi observado por BARROSO et al. (1998) em mudas de sabiá e aroeira, sendo que, a variação dos demais nutrientes não alterou esta característica, exceto o enxofre, cujo incremento das doses resultou no aumento em altura das mudas de aroeira, sem contudo, apresentar efeito sobre os teores foliares dos nutrientes nessa espécie. Para o argissolo e cambissolo, os maiores diâmetros obtidos foram,

respectivamente, 7,83 e 7,90 mm, detectados por meio de modelos quadráticos, nas doses de 124 e 197 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente (Figura 3).

Para a RHDC, apenas a interação solos x doses apresentou efeito significativo, com exceção das mudas produzidas no substrato cambissolo, onde não houve diferença significativa entre as doses de N aplicadas, permanecendo este índice com valor de 7,66.

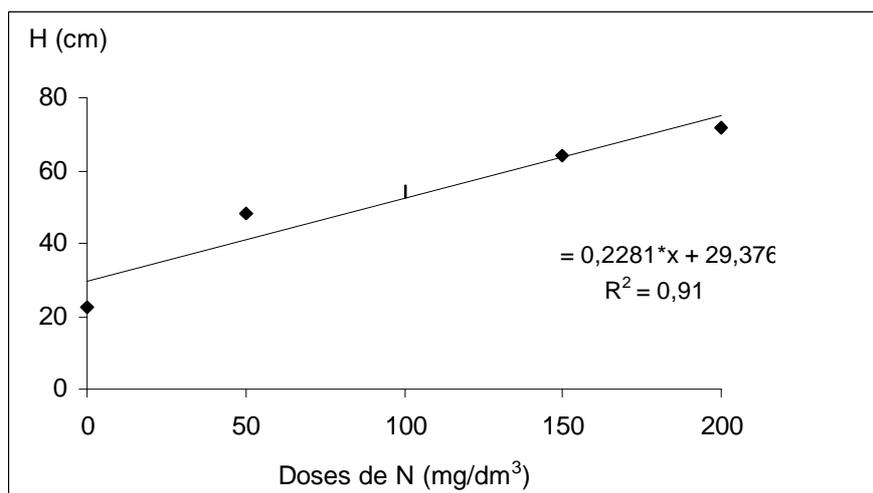


Figura 1 - Altura da parte aérea (H) das mudas de sabiá, em resposta a doses de N aplicadas. \* significativo a 5 % de probabilidade.

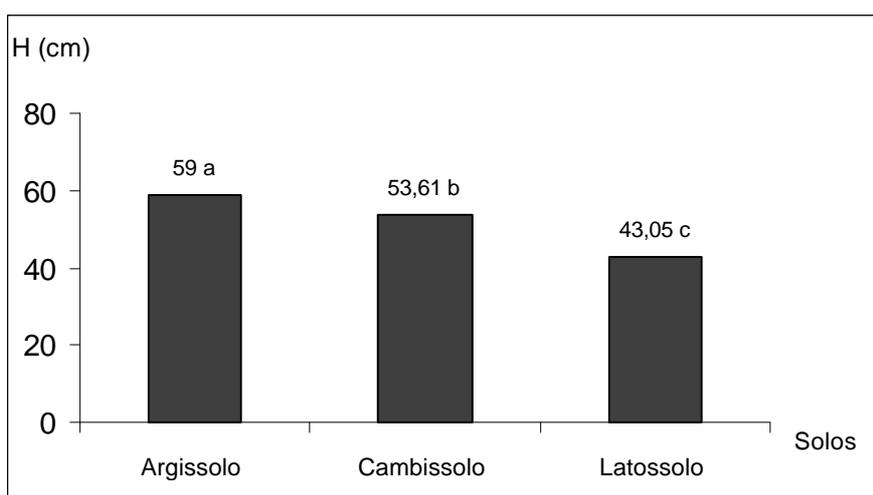


Figura 2 - Altura da parte aérea (H) de mudas de sabiá, cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para os outros substratos verificou-se efeito linear, com índices variando de 5,73 a 10,33 no argissolo e 5,44 a 8,08 no latossolo, quando a dose de N aplicada variou de zero (testemunha) a 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, respectivamente (Figura 4).

Este comportamento linear sobre a RHDC também foi observado em mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas com soluções nitrogenadas aplicadas via água de irrigação (ISMAEL et al., 2000).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das características e relações estudadas, na produção de mudas de sabiá, avaliadas aos 125 dias após a semeadura.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO									
		H	DC	RHDC	PMST	PMSPA	PMSR	RHPMSPA	RPMSPAR	IQD	Nº NÓDULOS
Solo (S)	2	4350,43*	14,93*	25,72*	421,01*	316,01*	15,55*	12,71 <sup>ns</sup>	12,15*	0,79*	3490,61 <sup>ns</sup>
Fonte (F)	2	195,19 <sup>ns</sup>	2,26 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	143,56*	63,03*	16,63*	5,81 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,47*	7638,2*
Dose (D)	4	12798,27*	92,90*	59,67*	2444,14*	1363,54*	159,68*	618,02*	9,65*	16,02*	8294,18*
S x F	4	203,60 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,59 <sup>ns</sup>	14,88 <sup>ns</sup>	7,82 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	2185,21 <sup>ns</sup>
S x D	8	202,34 <sup>ns</sup>	2,19*	5,66*	36,79*	23,73*	3,15 <sup>ns</sup>	1,84 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,30*	1508,81 <sup>ns</sup>
F x D	8	94,34 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	1,95 <sup>ns</sup>	19,99 <sup>ns</sup>	9,05 <sup>ns</sup>	3,13 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	1754,83 <sup>ns</sup>
S x F x D	16	101,23 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	26,93*	16,72*	2,73 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	1446,15 <sup>ns</sup>
Resíduo	135	150,10	0,75	2,73	13,80	8,73	1,88	6,54	0,55	0,14	1540,01
CV (%)		23,47	12,93	22,10	25,55	28,99	31,55	35,32	32,90	26,66	107,66

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

<sup>ns</sup> Não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F

Levando-se em consideração o valor (inferior a “8”) da RHDC, recomendados por MITCHEL et al., citados por HUNT (1990) e por CARNEIRO (1995), verificaram-se os melhores índices no substrato latossolo, para todas as doses aplicadas, e no argissolo em doses inferiores a 100 mg/dm<sup>3</sup> de N.

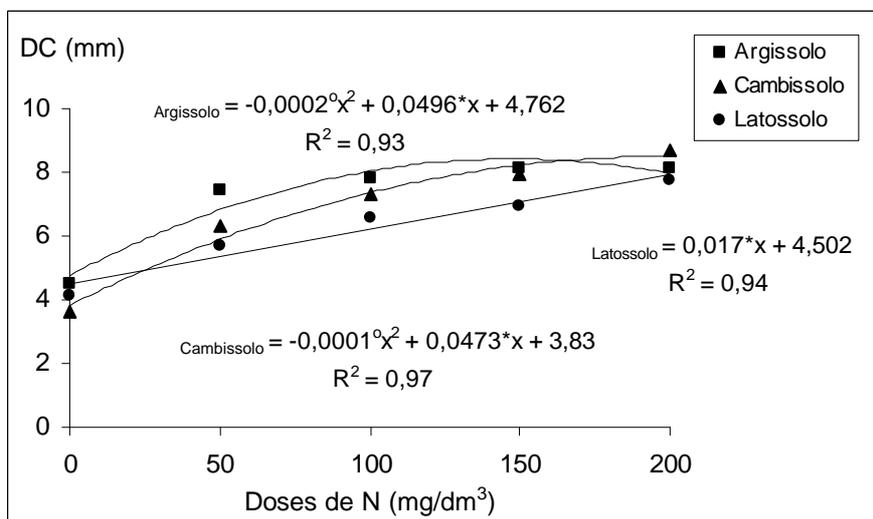


Figura 3 – Diâmetro do coleto (DC) das mudas de sabiá, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* e °, significativo a 5 e 10% de probabilidade, respectivamente.

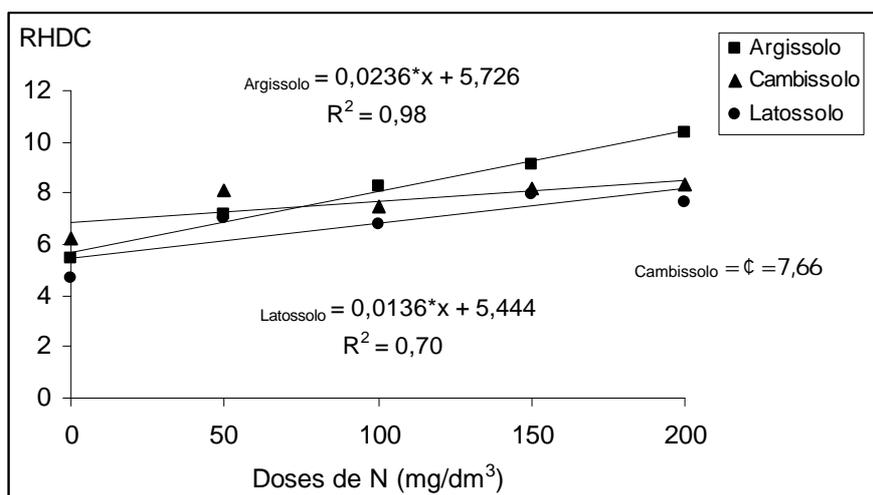


Figura 4 - Relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto (RHDC) das mudas de sabiá, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* significativo a 5 % de probabilidade.

### **3.2 Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA), Peso de matéria seca de raízes (PMSR) e Peso de matéria seca total (PMST)**

Para o PMSPA verificou-se que a interação solos x fontes x doses de nitrogênio foi significativa, sendo que a aplicação de 200 mg/dm<sup>3</sup> de sulfato de amônio foi responsável pelos maiores valores de matéria seca obtidos, 22,29; 21,94 e 15,75 g, para argissolo, cambissolo e latossolo, respectivamente, indicando que a dose para o máximo crescimento, ocorrerá acima desta dose (Figura 5).

A interação solos x fontes x doses também foi significativa para o PMST, onde o sulfato de amônio proporcionou a maior produção de biomassa, obtendo-se na maior dose aplicada, 30,67; 29,74 e 23,25 g, para argissolo, cambissolo e latossolo, respectivamente (Figura 6).

Dentre os três substratos, a menor produção de matéria seca foi obtida nas mudas produzidas no latossolo, sendo 17,12 g para PMST e 11,48 g para PMSPA, tendo o nitrato de cálcio como fonte, na maior dose aplicada. O nitrato de amônio foi a fonte que proporcionou valores intermediários de matéria seca da parte aérea e total nos três solos, apresentando comportamento quadrático para o argissolo, com maior valor para o PMSPA (18,20 g) na dose de 182 mg/dm<sup>3</sup> de N e para PMST (25 g) na dose de 178 mg/dm<sup>3</sup> de N.

Sobre o PMSR verificou-se o efeito principal de solo, dose e fonte de N, sem a interação entre esses fatores. A produção de raízes foi incrementada com aumento das doses de N, obtendo-se os maiores valores para o PMSR na dose de 200 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 7).

Dentre as fontes nitrogenadas, a maior produção de matéria seca de raízes (4,89 g) foi obtida quando as mudas receberam como fonte o sulfato de amônio, não havendo diferença significativa para as demais fontes, apesar do nitrato de amônio apresentar média superior ao nitrato de cálcio (Figura 8).

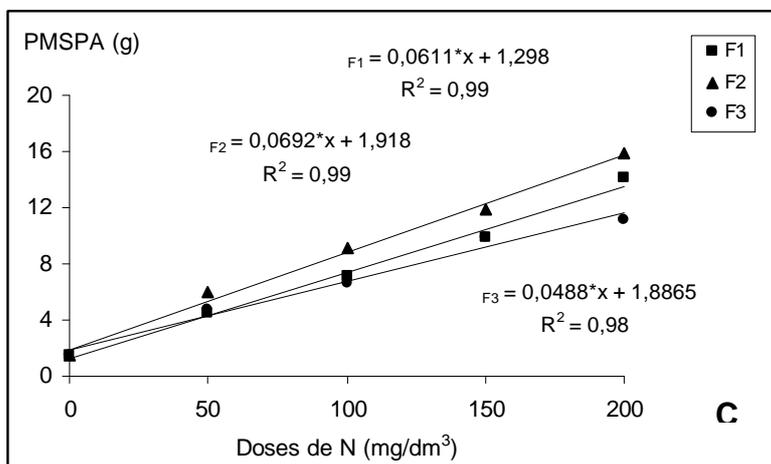
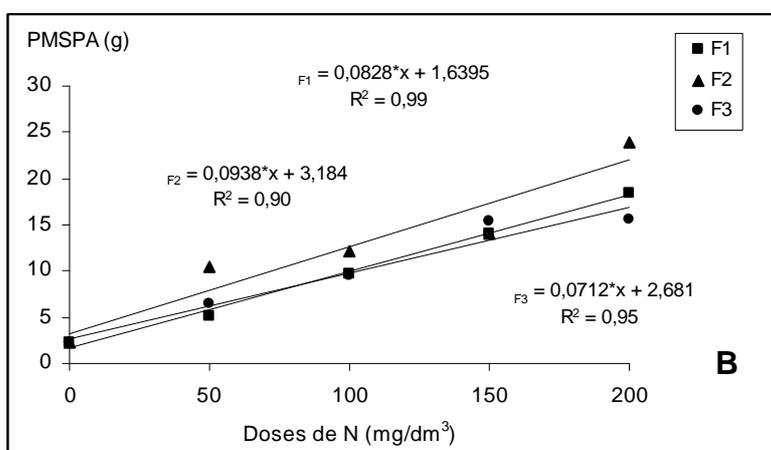
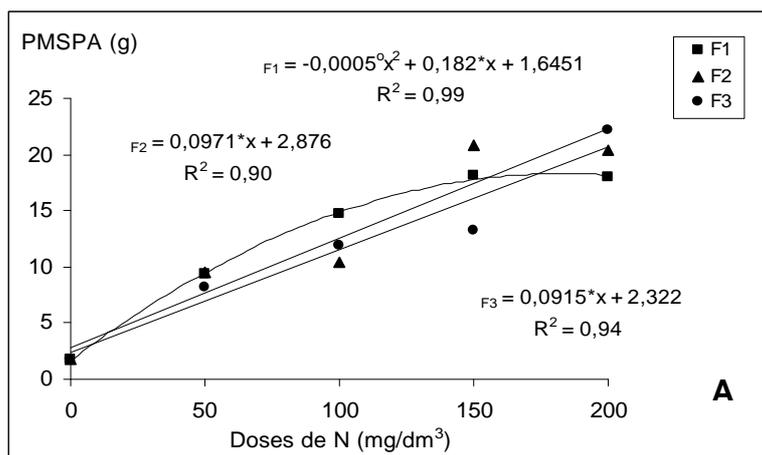


Figura 5 – Peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) de mudas de sabiá, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio), no argissolo (A), cambissolo (B) e latossolo (C). \* e °, significativo a 5 e 10 % de probabilidade, respectivamente.

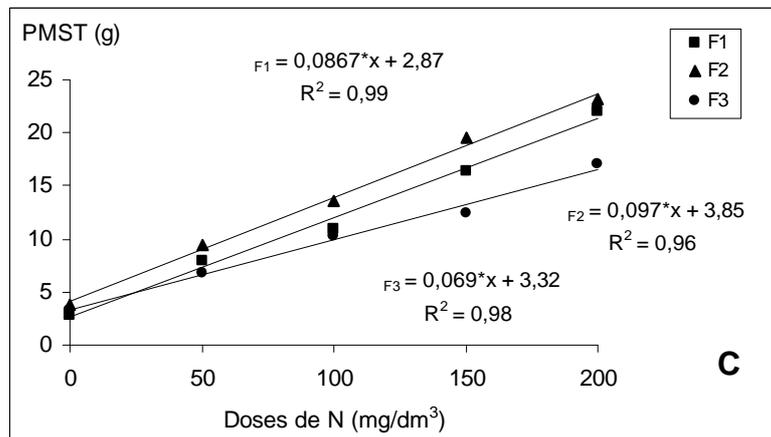
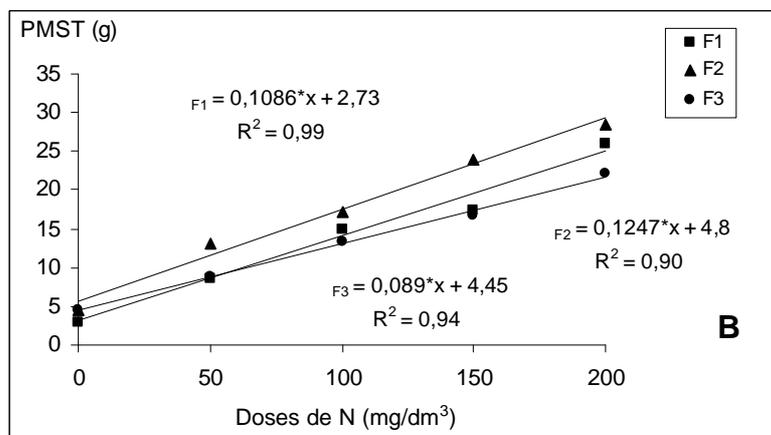
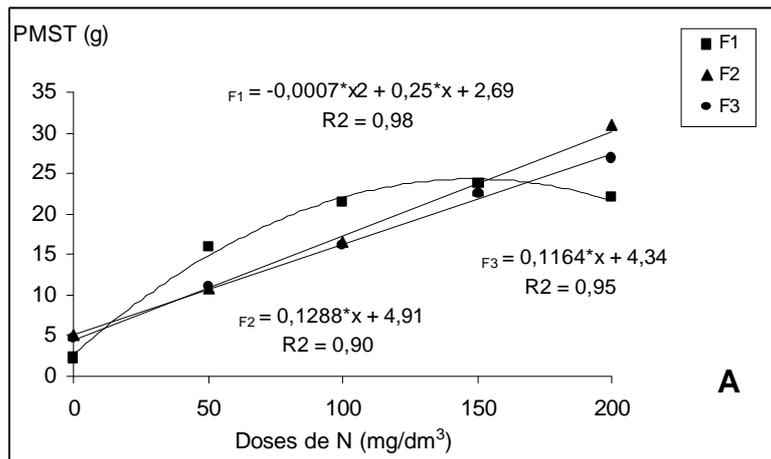


Figura 6 – Peso de matéria seca total (PMST) de mudas de sabiá, em resposta a doses de N aplicadas, para as três fontes nitrogenadas (F1= nitrato de amônio; F2 = sulfato de amônio e F3 = nitrato de cálcio), no argissolo (A), cambissolo (B) e latossolo (C). \* significativo a 5 % de probabilidade.

Os valores encontrados para o PMSR são inferiores aos encontrados por PEREIRA et al. (1996) em mudas de cinamomo e jacarandá mimoso, onde os maiores valores, 12,57 e 8,83 g, respectivamente, foram obtidos quando o N foi fornecido na forma nítrica. Quanto aos substratos, notou-se que o maior valor para o PMSR (4,93 g), à semelhança do PMSPA e PMST, foi encontrado no argissolo, enquanto os menores no cambissolo e latossolo (Figura 9).

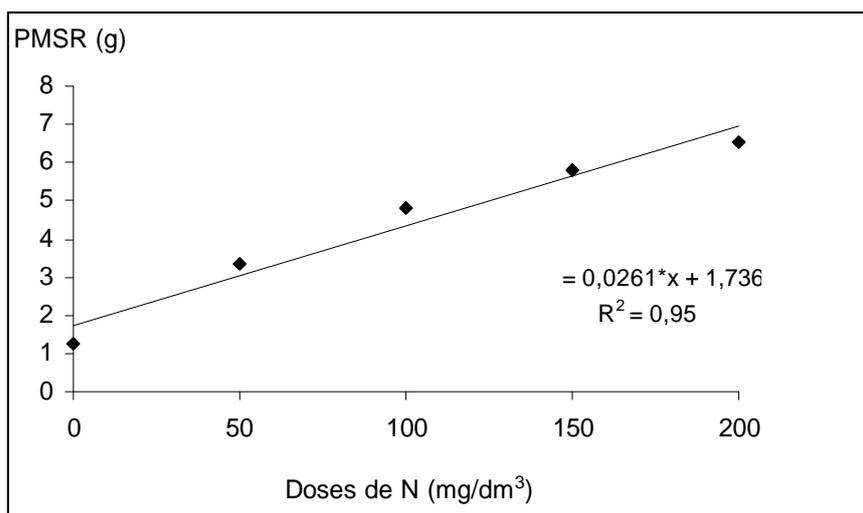


Figura 7 - Peso de matéria seca das raízes (PMSR) de mudas de sabiá em resposta a doses de N aplicadas. \* significativo a 5 % de probabilidade.

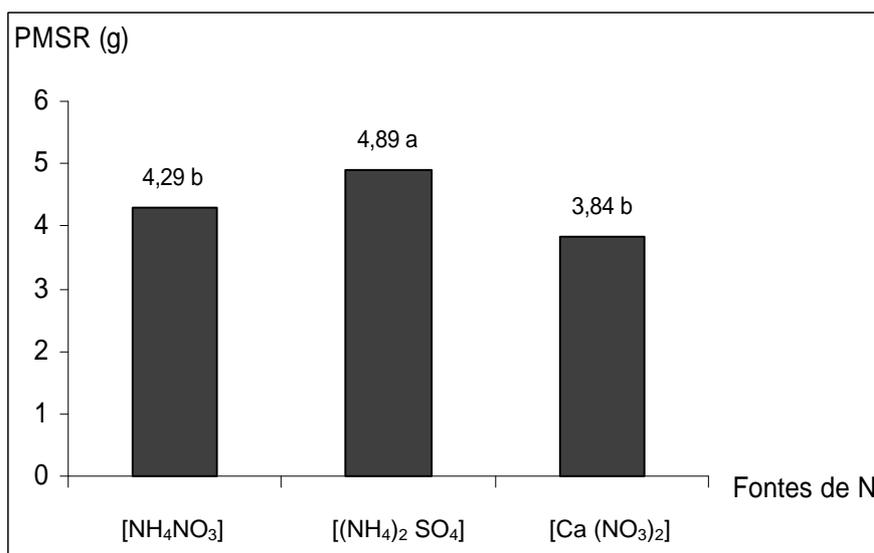


Figura 8 - Peso de matéria seca de raízes (PMSR) de mudas de sabiá, em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

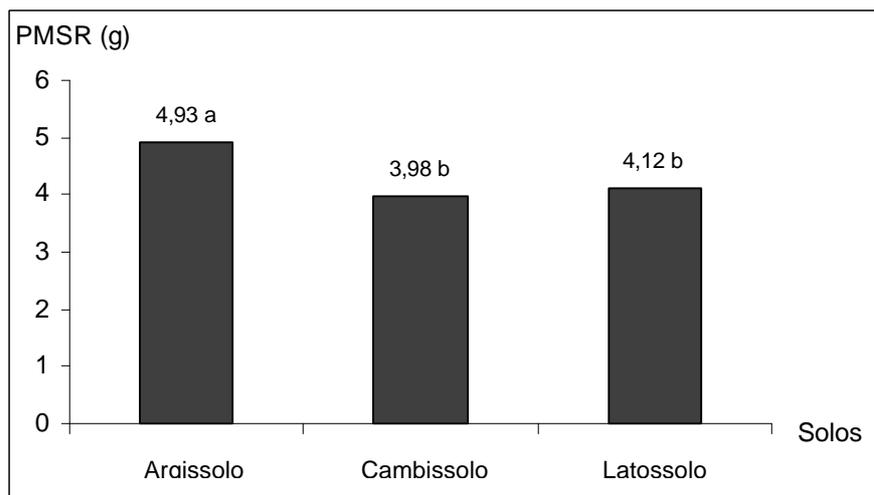


Figura 9 - Peso de matéria seca de raízes (PMSR) de mudas de sabiá, cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.3 Relação altura da parte aérea/ peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA), Relação peso de matéria seca da parte aérea/ peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Verificou-se sobre a RHPMSPA, apenas o efeito principal de dose, não havendo interação significativa entre os demais fatores. O melhor índice para a RHPMSPA (4,1) foi obtido por meio de modelo quadrático, com a dose de 156 mg/dm<sup>3</sup> de N, independente da fonte aplicada (Figura 10).

Para a RPMSPAR, o efeito principal ocorreu para solo e dose, contudo sem a interação dos fatores. O efeito linear à doses de N proporcionou a obtenção dos melhores índices nas menores doses aplicadas (Figura 11), enquanto nos substratos, o melhor índice (1,77) foi encontrado para mudas produzidas no latossolo (Figura 12), considerando “2,0” a melhor RPMSPAR (BRISSETE, 1984, citado por GOMES, 2001).

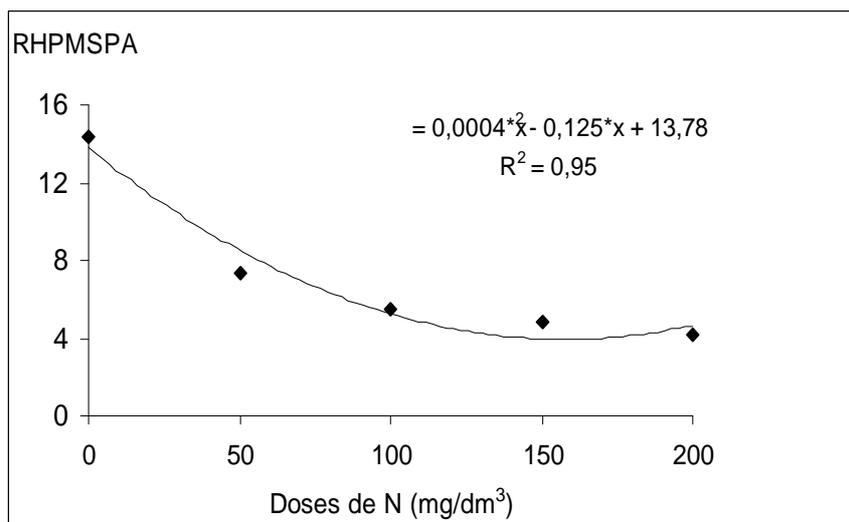


Figura 10 - Relação altura da parte aérea/peso de matéria seca da parte aérea (RHPMSPA) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. \* significativo a 5 % de probabilidade.

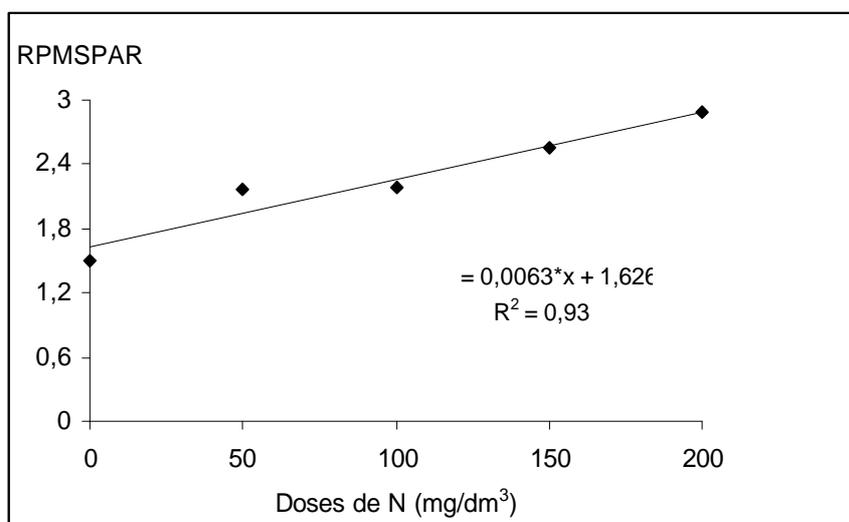


Figura 11 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. \* significativo a 5 % de probabilidade.

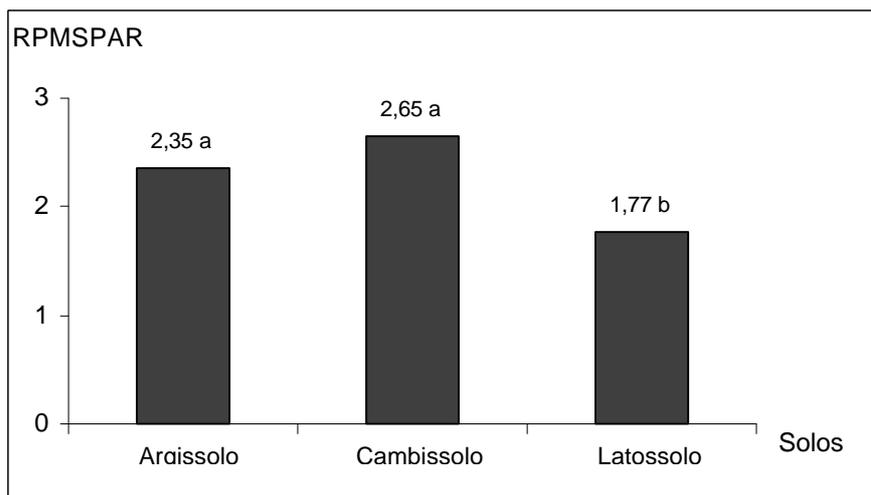


Figura 12 - Relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca de raízes (RPMSPAR) de mudas de sabiá, cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O IQD apresentou efeito significativo para a interação solos x doses, onde se observou efeito linear de doses nos substratos cambissolo e latossolo, encontrando-se para ambos na maior dose aplicada, os melhores índices (2,27 e 2,13, respectivamente). No argissolo o efeito quadrático de doses, proporcionou o maior índice (2,1) na dose de 173 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 13). FONSECA et al. (2002), avaliando a qualidade de mudas de *Trema micrantha*, verificaram que as plantas com maiores valores para o IQD apresentaram maiores valores de diâmetro do coleto, matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e total, e menores valores para a RHDC e RPMSPAR, considerando assim, que o IQD é um bom indicador da qualidade das mudas, pois considera no seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição de biomassa da muda.

Sobre o IQD também verificou-se o efeito principal de fonte, sendo que o melhor índice (1,57) foi obtido com o sulfato de amônio, seguido do nitrato de amônio e nitrato de cálcio (Figura 14).

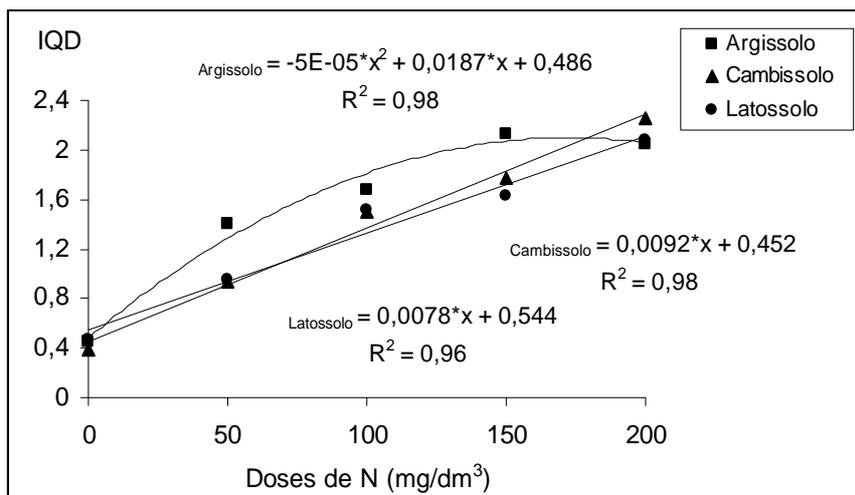


Figura 13 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de sabiá, em resposta a doses de N aplicadas, para os três solos estudados. \* significativo a 5 % de probabilidade.

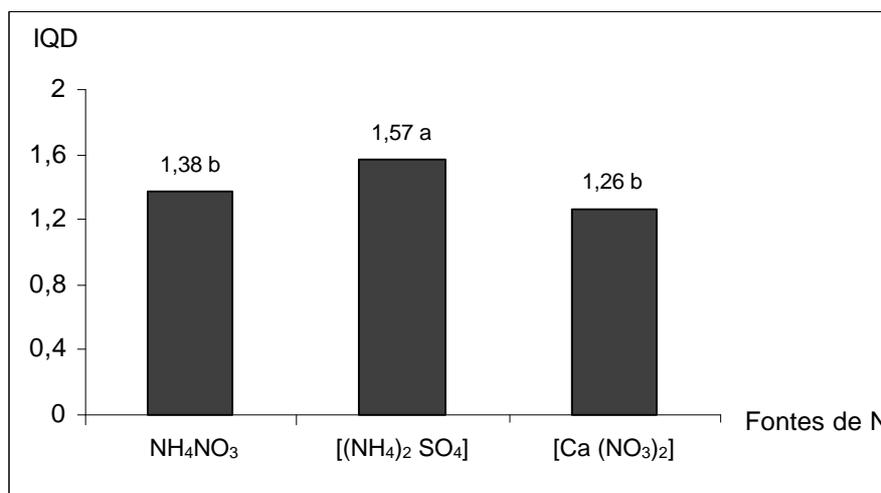


Figura 14 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de sabiá, cultivadas em três tipos de solo. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

### 3.4 Nodulação

Verificou-se a presença de nódulos nas mudas de sabiá produzidas nos três substratos, porém sem um padrão uniforme. Constatou-se o efeito principal

de fonte e dose de nitrogênio sobre a nodulação, verificando-se maior número de nódulos nas mudas que receberam como fonte o sulfato de amônio e menor número para as que receberam nitrato de cálcio (Figura 15). Quanto às doses de N aplicadas, o maior número de nódulos foi obtido na dose de 134 mg/dm<sup>3</sup> de N (Figura 16), independente da fonte aplicada. Segundo SIQUEIRA e FRANCO (1988), dos nutrientes minerais o nitrogênio é o que tem maior efeito sobre a fixação biológica e sua presença é necessária para o crescimento dos microorganismos até o início da fixação. Além disso, o N-mineral afeta em diferentes magnitudes o processo de infecção, a taxa de fixação e o número de nódulos formados, bem como a eficiência de fixação do N. Esses mesmos autores ainda relatam que o crescimento dos nódulos é sensível ao excesso de N, mas por outro lado, pequenas doses estimulam tanto o crescimento da planta, como também podem aumentar a massa de nódulos produzidos. Dessa forma, pode-se inferir que no intervalo de doses de N aplicadas neste experimento, mesmo as maiores doses, não foram excessivas a ponto de inibir a nodulação ou abortar os eventos iniciais da infecção, apesar da ausência de informações sobre a eficiência de fixação destes nódulos.

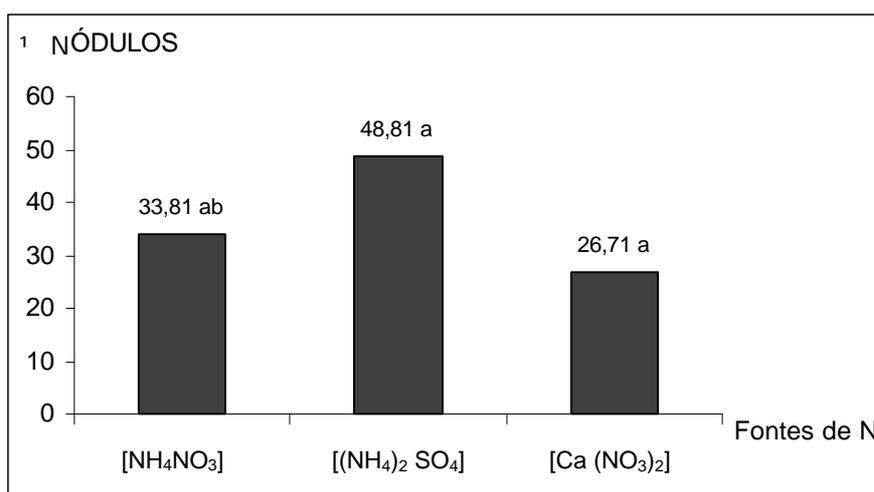


Figura 15 - Número de nódulos em mudas de sabiá em resposta a fontes de N aplicadas. Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

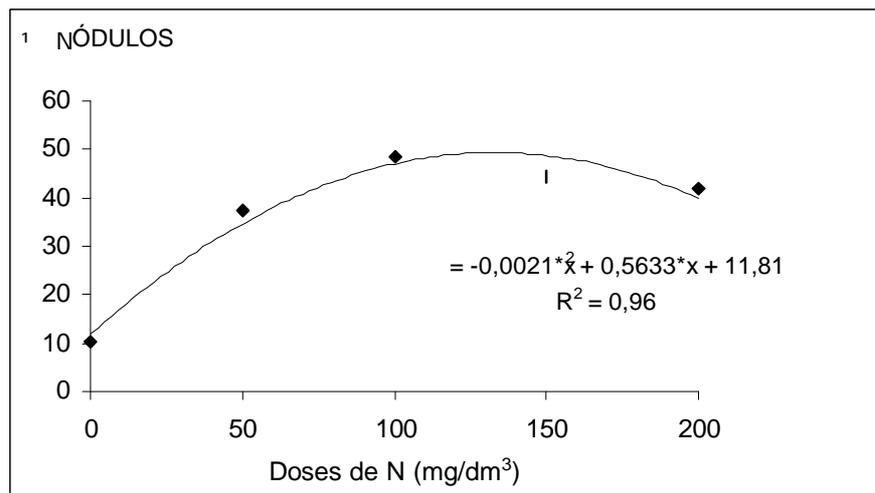


Figura 16 - Número de nódulos em mudas de sabiá em resposta a doses de nitrogênio aplicadas. \* significativo a 5 % de probabilidade.

#### 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÃO

- As mudas de sabiá responderam positivamente à adição de N-mineral nos três substratos estudados.
- As mudas produzidas no substrato argissolo proporcionaram as melhores médias para altura da parte aérea, diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e total. O melhor desempenho das mudas nesse solo se deve, provavelmente devido a sua maior fertilidade natural entre outras características físicas, como a maior estabilidade dos agregados, conferindo-lhe maior capacidade de retenção de água, proporcionando melhores condições para a absorção e o crescimento radicular e conseqüentemente da planta, o que não implica na não utilização dos outros dois solos testados.
- Os melhores índices para a relação altura da parte aérea/diâmetro do coleto e relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes foram obtidos no latossolo e o índice de qualidade de Dickson no cambissolo.

- As fontes nitrogenadas tiveram efeito positivo e significativo sobre o diâmetro do coleto, peso de matéria seca da parte aérea, peso de matéria seca de raízes, peso de matéria seca total, índice de qualidade de Dickson e número de nódulos, com maiores médias encontradas com aplicação de sulfato de amônio, sendo viável também, na impossibilidade da utilização desta, o emprego das outras duas fontes testadas.
- As melhores médias em todos os parâmetros avaliados foram proporcionadas com doses variando de 124 a 200 mg/dm<sup>3</sup> de N, com exceção da relação peso de matéria seca da parte aérea/peso de matéria seca das raízes, uma vez que, nesta relação apenas se verificou o efeito das doses de N, com os melhores índices nas doses de zero e 50 mg/dm<sup>3</sup> de N.
- Recomenda-se na produção de mudas de sabiá, uma dose média de 176 mg/dm<sup>3</sup> de N, tendo como fonte o sulfato de amônio.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. T.; VASCONCELOS, I.; NESS, R. L. L. Infecção micorrízica vesículo-arbuscular e nodulação de leguminosas arbóreas do Ceará, Brasil. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.17, v.1, p.89-97, 1986.
- ALVAREZ V., V. H. **Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais**. 1974. 125 f. . Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; MARINHO, C. S.; LELES, P. S. S.; NEVES, J. C. L.; CARVALHO, A. J. C. de. Efeitos da adubação em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) e aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) produzidas em substrato constituído por resíduos agroindustriais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.4, p.433-441, out./dez.1998.
- BARROSO, D. G.; CARVALHO, F. A.; CARNEIRO, J. G. A.; CHAVES, L. L. B. Efeito de diferentes doses de nitrogênio em mudas de sesbânia (*Sesbania virgata* Raddi) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), produzidas em resíduos agro-industriais como substrato, In: FOREST 2000, Porto Seguro, 2000. **Resumos...** Porto Seguro: Biosfera, 2000, p. 120-121.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- DRIESSCHE, R. V. D. Response of Douglas fir seedlings to nitrate and ammonium nitrogen sources at different levels of pH and iron supply. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 49, n. 3, p. 607-623, jun. 1978.

EUCLYDES, R. F. **Manual de utilização do programa SAEG** (Sistema para análises estatísticas e genéticas). Viçosa: UFV, 1997. 59p.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. 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, jul./ago.2002.

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.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

ISMAEL, J. J.; VALERI, S. V.; CARVALHO, C. M.; SILVA, C. R.; SILVA, M. R. EfeitoS de doses de nitrogênio e níveis de estresse hídrico sobre parâmetros morfo-fisiológicos de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden na fase de rustificação. In: FOREST 2000, Porto Seguro, 2000. **Resumos...** Porto Seguro: Biosfera, 2000, p.121.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1998. v. 1., 368p.

NAMBIAR, E. K. S. Plantation Forests: their scope and perspective on plantation nutrition. In: BOWER, G. D.; NAMBIAR, E. K. S. (Eds.). **Nutrition of plantation forest**. London: Academic Press, 1989. p. 1-15.

PARVIAINEN, J. V. Qualidade e avaliação de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981. Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

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-MG.

PEREIRA, E. G; SIQUEIRA, J. O.; VALE, F. R. do; MOREIRA, F. M. S. Influência do nitrogênio mineral no crescimento e colonização micorrízica de mudas de árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 653-662, set.1996.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília:Ministério da Educação; Lavras:ESAL; Piracicaba:POTAFOS, 1988. 81p.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. Fixação biológica do nitrogênio. In: SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. (Eds.). **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: FAEPE/ABEAS/MEC/ESAL, 1988. p.179-214.

SMIRNOFF, N.; STEWARD, G. R. Nitrate assimilation and translocation by higher plants: comparative physiology and ecological consequences. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.64, n.2, p. 133-140, jun. 1985.