

BRUNA ANAIR SOUTO DIAS

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE COTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.), CEDRO-ROSA (*Cedrela fissilis* Vell.) E CANUDO-DE-PITO (*Mabea fistulifera* Mart.) EM RESPOSTA A DIFERENTES SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
JULHO – 2009

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

T

D541p
2009

Dias, Bruna Anair Souto, 1984-
Produção e qualidade de mudas de cotieira
(*Joannesia princeps* Vell.), cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e
canudo-de-pinto (*Mabea fistulifera* Mart.) em resposta a
diferentes solos, fontes e doses de nitrogênio / Bruna Anair
Souto Dias. – Viçosa, MG, 2009.
x, 65f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Árvores - Mudas - Crescimento. 2. Mudas - Nutrição.
3. Mudas - Adubos e fertilizantes. 4. Mudas - Qualidade.
5. Plantas - Efeito do nitrogênio. 6. Plantas e solo.
7. *Joannesia princeps*. 8. *Cedrela fissilis*. 9. *Mabea fistulifera*.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

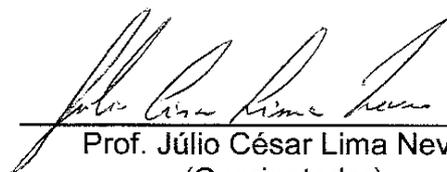
CDO adapt CDD 634.92324251

BRUNA ANAIR SOUTO DIAS

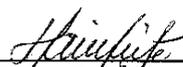
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE COTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.), CEDRO-ROSA (*Cedrela fissilis* Vell.) E CANUDO-DE-PITO (*Mabea fistulifera* Mart.) EM RESPOSTA A DIFERENTES SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

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

APROVADA: 28 de julho de 2009.



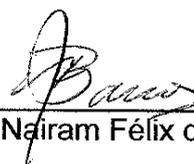
Prof. Júlio César Lima Neves
(Coorientador)



Prof. Hélio Garcia Leite
(Coorientador)



Prof.ª Maria Neudes Sousa de Oliveira



Prof. Nairam Félix de Barros



Prof. Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)

Querer

Nada é impossível quando se quer:
Os obstáculos se tornam exercícios,
as tristezas em momentos passageiros,
as distâncias em reflexões, as fraquezas transformam-se em dons,
e a vida torna-se um palco emocionante e
adquire um verdadeiro significado para se viver!

A Deus,
Aos meus pais GERALDA e JOB
Aos meus irmãos ANA e LUCIANO
Aos cunhados JOSÉ AFONSO e THIARA
Aos sobrinhos FILIPE, RAFAEL, GUILHERME E CLARA LIS
À EQUIPE SUCESSO

Dedico!!!

AGRADECIMENTOS

São muitos aqueles a quem devo agradecer pela alegria imensurável dessa conquista. Em primeiro lugar a Deus, pela proteção, inspiração e os meios necessários para a realização de meus sonhos e poder, assim, vencer mais uma etapa da vida.

À minha família, por me permitir sonhar e, principalmente, à minha mãe Geralda, a meu pai Josino, a meus irmãos Ana (Neguinha) e Luciano (Dotor) e ao cunhado Zé Afonso, por alimentarem meus sonhos e proporcionar condições para que se tornassem realidade. Essa vitória é nossa!

Aos sobrinhos Filipe, Rafael e Guilherme, pelo incentivo, a Clara Lis, nossa princesinha e futura Engenheira Florestal (rarara). Ao Gui, também pela ajuda durante a realização do experimento, encarando chuva e sol no viveiro.

À prima Arilda, pela amizade e incentivo sempre.

Aos meus ex-professores e amigos da belíssima cidade de Marilac/MG (“capital oculta do mundo”) que me apoiaram e acreditaram não ser utopia o sonho de ser Engenheira Florestal e estar aqui na UFV hoje. Vocês são um grande incentivo!

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, pela formação ímpar em Engenharia Florestal e cidadania. Agradecimento em especial aos professores e amigos Neudes, Ângelo, Lourenço, Miranda, Gilciano, Cunha, Fabiane e Ana Márcia, que me conduziram para além das teorias.

Ao “fessor” Haroldo, meu orientador, meu agradecimento todo especial, por seu profissionalismo, humildade, calma, amizade, e pela oportunidade de me deixar compartilhar de seus conhecimentos. Também aos co-orientadores, professores Helio e Júlio, meu apreço, pela orientação, dedicação e pelas sugestões feitas para enriquecimento deste trabalho.

Ao prof. Nairam e Neudes, por todo o agradável aprendizado proporcionado à minha formação, participação na banca de defesa e sábias sugestões.

À Universidade Federal de Viçosa – UFV, especialmente ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade concedida para minha formação.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pela contribuição profissional.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos estagiários da UFV, Lidiane, Naiara e Guilherme e aos “estagiários importados” vindos da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), pela ajuda na execução do experimento e pelas muitas risadas proporcionadas.

Aos amigos Mirian, Parma (André), Lucas, Roger, Raquel, Fábria, Vivi e Fernando, que foram ajudar nas avaliações ao longo do experimento

Aos funcionários do Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, pela ajuda, pelos ensinamentos, principalmente, pela amizade durante todo o tempo do experimento;

Aos funcionários da Silvicultura Márcio, Mauro e Leacir, pelo empenho e amizade.

Às amigas Juliana Fialho e Catarina Mori, pela amizade e auxílio durante a execução do experimento.

À Ritinha e ao Alfredo, pela competência frente à secretaria da pós e pela amizade, e ao Chiquinho, pelos divertidos casos e amizade.

À Flávia Alves (Flavinha), Glauciana e Ane, pela força, incentivo, amizade e as muitas risadas.

Ao Caju (Alexandre), pelo carinho e incentivo incondicionais.

Aos amigos Silvano, Lucas, Flaviana, Marco Amaro, Marcos Monte, Bárbara, Ricardo, Roldão, Sady, Sustanis, Raquel, Parma, Yhasmin, Mirian e Equipe Sucesso, pelo apoio e pelos momentos divertidos. Vocês são show!

Às primas e primos “JJ”, Judyth, Juana, Joaquina, Jurema, Jisbita, Jacinta, Jucá, Jacinto... vocês tornaram minha vida em Viçosa uma agradável comédia.

SAUDAÇÕES A TODOS VOCÊS!!!

BIOGRAFIA

BRUNA ANAIR SOUTO DIAS, filha de Job Dias Filho e Geralda Souto Dias, nasceu no dia 11 de janeiro de 1984, em Governador Valadares, Estado de Minas Gerais.

Cursou 1º e 2º grau de ensino na Escola Estadual Joaquim Monteiro, na cidade de Marilac, MG, concluindo em dezembro de 2001.

Iniciou em julho de 2002 o curso de graduação em Engenharia Florestal na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, em Diamantina, MG, concluindo-o em fevereiro de 2007.

Em 2007, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa – UFV, em Viçosa, MG.

Em julho de 2009, foi aprovada na seleção do curso de Doutorado em Ciência Florestal na UFV, em Viçosa, MG.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO 1	
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE COTIEIRA (<i>Joannesia princeps</i> Vell.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO.....	6
RESUMO.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
4. CONCLUSÕES.....	20
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
CAPÍTULO 2	
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE CEDRO-ROSA (<i>Cedrela fissilis</i> Vell.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO.....	24
RESUMO.....	24
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4. CONCLUSÕES.....	42
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPÍTULO 3	
PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE CANUDO-DE-PITO (<i>Mabea fistulifera</i> Mart.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO.....	46
RESUMO.....	46
1. INTRODUÇÃO.....	48
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	49
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4. CONCLUSÕES.....	62
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

RESUMO

DIAS, Bruna Anair Souto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Produção e qualidade de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.), em resposta a diferentes solos, fontes e doses de nitrogênio.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientadores: Helio Garcia Leite e Júlio César Lima Neves.

Para propagar uma espécie de interesse, um dos quesitos é o conhecimento de suas exigências nutricionais. Entre os nutrientes para as plantas, o nitrogênio é o absorvido em maiores quantidades. A cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), o cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) e o canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) são espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica e apresentam grande potencial de utilização, seja para fins madeireiros, fabricação de biodiesel e usos medicinais. Nesse trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento e a qualidade de mudas destas espécies, cultivadas em solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais, em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio. Para a cotieira e o cedro-rosa, a unidade experimental foi constituída por um vaso contendo uma muda. O experimento foi instalado em blocos casualizados, disposto no esquema fatorial, sendo para a cotieira 3 x 5 x 2, correspondendo a três fontes de N, aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio em cinco doses (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N), em quatro porções iguais, aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura, em dois solos, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA). Para o cedro-rosa, 3 x 5 x 3, sendo os fatores fonte, dose e solo iguais aos utilizados para a cotieira, porém com um substrato adicional, sendo este o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd). Já as mudas de canudo-de-pito foram produzidas em sacos plásticos com o mesmo esquema fatorial do cedro-rosa, porém, sendo 9 mudas por parcela. Para as três espécies, os tratamentos foram avaliados em quatro repetições. Aos 125 dias após a repicagem para a cotieira, a semeadura para o cedro-rosa e o raleio para o canudo-de-pito, foram avaliadas as características morfológicas e os índices de qualidade das mudas. A

aplicação de fertilizantes nitrogenados resultou em ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas para as três espécies. Recomenda-se na produção de mudas de *Joannesia princeps* Vell. e *Cedrela fissilis* Vell., aplicação de 300 mg/dm³ de N e para mudas de *Mabea fistulifera* Mart., 180 mg/dm³ de N, utilizando, como fonte de N, respectivamente, sulfato de amônio, nitrato de amônio e sulfato de amônio. Como substrato, utilizar preferencialmente o LVA ou PVA para mudas de *Joannesia princeps* Vell. e *Cedrela fissilis* Vell. e LVA para *Mabea fistulifera* Mart..

ABSTRACT

DIAS, Bruna Anair Souto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Production and quality of cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) and canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) seedlings in response to different soils, sources and doses of nitrogen.** Adviser: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-Advisers: Helio Garcia Leite and Júlio César Lima Neves.

To propagate a species of interest, one of the inquiries is the knowledge of its nutritional requirements. Among the plants nutrients, the nitrogen is important for being absorbed in larger quantities. Cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), and canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) are native species from Mata Atlântica and have great potential for use, whether for commercial or industrial wood, biodiesel production, or medicinal uses. This work aimed to evaluate the growth and quality of seedlings of these species grown in soils from Zona da Mata of Minas Gerais, in response to application of nitrogen sources and doses. For cotieira and cedro-rosa, the experimental unit consisted of one pot containing one seedling. The experiment was installed in randomized blocks, arranged in a factorial design, to cotieira 3 x 5 x 2, corresponding to three sources of N, applied as a solution in the form of ammonium nitrate, ammonium sulphate and calcium nitrate in five doses (0, 75, 150, 225, and 300 mg/dm³ N), into four equal parts 25, 50, 75, and 100 days, after sowing in two soils, Red Yellow Alic Latosol (LVA), and Red Yellow Argisol (PVA). For cedro-rosa, 3 x 5 x 3, the source factors, dose, and land were the same as those used for cotieira, but with an additional substrate, that is a Red Yellow Dystrophic Latosol (LVd). The seedlings of canudo-de-pito were produced in plastic bags with the same cedro-rosa factorial, however with 9 seedlings per plot. For the three species, the treatments were evaluated in four replications. At 125 days after transplanting to cotieira, planting for cedro-rosa and thinning in the canudo-de-pito, the morphological characteristics and indexes of quality seedlings were evaluated. The application of nitrogen fertilizers resulted in significant gains in growth and quality of seedlings for three species. It is recommended for the production of seedlings *Joannesia princeps* Vell. and *Cedrela fissilis* Vell., 300 mg/dm³ of N

and for seedlings of *M. fistulifera* Mart., 180 mg/dm³ of N, using as a source of N, respectively, ammonium nitrate and ammonium sulphate. As substrate, preferably use the LVA or PVA for seedling production *Joannesia princeps* Vell. and *Cedrela fissilis* Vell. and LVA for *M. fistulifera* Mart.

INTRODUÇÃO

O uso de boas sementes e de substrato e uma fertilização adequada contribuem para que sejam produzidas mudas de espécies florestais vigorosas, resistentes, rústicas e bem nutridas (MORAIS NETO et al., 2003; CHAVES et al., 2006), com qualidade necessária para suportar condições adversas no campo, após o plantio (CARNEIRO, 1995; VALERI e CORRADINI, 2000; DEL QUIQUI et al., 2004).

O substrato deve apresentar propriedades físicas, químicas e biológicas favoráveis (VALERI e CORRADINI, 2000; GOMES e PAIVA, 2004). No caso de uso de terra de subsolo, deve-se dar preferência para solos argilo-arenosos, com boa permeabilidade, agregação, capacidade de reter umidade e coesão necessária para a agregação do sistema radicular e resistência ao manuseio (VALERI e CORRADINI, 2000; GONÇALVES et al. 2000; RIBEIRO et al., 2001; GOMES e PAIVA, 2004). É importante que sejam feitas análises química e física do substrato, para verificar sua textura e a necessidade, ou não, de se proceder à correção de pH (GOMES e PAIVA, 2004). Para determinar a quantidade a ser utilizada de corretivo, é recomendável o uso do método de saturação por bases, elevando-a de 60% a 65%, valor este comumente utilizado para produção de mudas de espécies nativas (GONÇALVES et al., 2000).

O nitrogênio é o nutriente encontrado em maiores concentrações nos vegetais superiores, sendo limitante ao crescimento e à produção florestal (NAMBIAR, 1989). Seu consumo mundial supera as quantidades utilizadas de fósforo e de potássio (RAIJ, 1991).

O nitrogênio ocorre no solo na forma orgânica e mineral, sendo a orgânica a predominante, porém, não está disponível para as plantas. Mas sua mineralização origina amônio, que pode chegar a nitrato, ou a compostos solúveis, que representam somente 2 a 3% do total de N no solo e é a forma do nitrogênio disponível para as plantas (LOPES et al., 1989).

Os fertilizantes nitrogenados são produzidos principalmente a partir de combustíveis fósseis, não-renováveis. Seu uso excessivo pode poluir águas superficiais ou subterrâneas e a atmosfera (CANTARELLA, 2007). As perdas de N no solo podem ocorrer por erosão, lixiviação ou volatilização. A lixiviação

de N se dá, na maioria dos casos, sob a forma de nitratos (NO_3^-), sendo menos de 1% na forma amoniacal (NH_4^+) e somente traços de nitrito (NO_2^-). Os solos de textura arenosa facilitam a perda de nitratos devido à maior percolação da água (COELHO, 1973).

As plantas, em condições naturais, absorvem o nitrogênio principalmente nas formas nítrica e amoniacal. A capacidade das plantas em absorver e utilizar estas formas é muito variável e provoca diferentes respostas fisiológicas. A condição para que o nitrato possa ser incorporado em estruturas orgânicas e cumprir sua função de nutriente é ser reduzido a amônia. A importância da redução e assimilação do nitrato para as plantas é similar à da redução e assimilação do CO_2 na fotossíntese (MARSCHNER, 1995).

O nitrogênio é facilmente translocado e redistribuído na planta via floema, de tal forma que os sintomas de deficiência de nitrogênio na planta ocorrem primeiramente nas folhas velhas (MARSCHNER, 1995; MENGEL e KIRKBY, 2001).

Pesquisas revelam que as respostas das plantas à adubação nitrogenada variam com a qualidade do sítio, a espécie, a dose e a fonte de nitrogênio aplicada. Pereira et al. (1996) observaram ganhos de crescimento com a aplicação de nitrogênio estudando as espécies *Senna multijuga*, *Senna macranthera*, *Melia azedarach* e *Jacaranda mimosaeifolia*, com maior eficiência da adubação nítrica em relação à amoniacal. Essa maior eficiência foi observada também por Driessche (1978), ao estudar a produção de mudas de *Pseudotsuga menziesii*.

A recomendação de uma fertilização específica para cada espécie nativa é dificultada pelo grande número de espécies e escassez de informações sobre suas demandas nutricionais (CRUZ et al., 2006). Trabalhos que relacionam a performance de uma espécie com doses de nutrientes adicionadas ao meio, permitem determinar seu nível crítico, isto é, a concentração de nutriente na planta acima da qual não haverá (pouco provável) ganhos na performance da planta pela aplicação deste nutriente no solo (FONTES, 2001). Geralmente, o nível crítico representa 10% de redução na performance máxima da planta (PRADO, 2008). O nível crítico permite recomendação mais adequada da fertilização, pois as doses aplicadas de

fertilizantes são menores e a redução na performance da planta é mínima (GONÇALVES et al., 2000).

O cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), a cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) e o canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) são espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica e apresentam grande potencial de utilização, seja para fins madeireiros, biodiesel e, ou medicinais (LORENZI, 2000). Porém as informações sobre suas exigências nutricionais, principalmente em relação à adubação nitrogenada na fase de mudas, são escassas. Há apenas o trabalho de Silva e Muniz (1995), que estudaram o padrão de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em solução nutritiva, pela técnica do elemento faltante, observando que o N foi o nutriente mais limitante ao crescimento das mudas. Porém, não há informações sobre o efeito da adubação nitrogenada em mudas dessa espécie, produzidas em solo, com a aplicação de diferentes fontes de N.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Joannesia princeps* Vell., *Cedrela fissilis* Vell. e *Mabea fistulifera* Mart., cultivadas em solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais, e suas respostas à aplicação de fontes e doses de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007, p. 376–449.

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

CHAVES, L. de L.B.; CARNEIRO, J.G. de A.; BARROSO, D.G. Crescimento de mudas de angico vermelho produzidas em substrato fertilizado, constituído de resíduos agroindustriais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.72, p.49-56, 2006.

COELHO, F.S. Nitrogênio no solo e na planta. In: COELHO, F.S.; VERLENGIA, F. (Eds.). **Fertilidade do solo**. 2.ed. São Paulo: ICEA, 1973. p. 16-64.

CRUZ, C. A. F. e; PAIVA, H. N. de; GUERREIRO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 537-546, 2006.

DEL QUIQUI, E.M.; MARTINS, S.S.; PINTRO, J.C.; ANDRADE, P.J.P.de; MUNIZ, A.S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 26, n. 3, p. 293-299, 2004.

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**, Amsterdam, v.49, n.3, p.607-623, 1978.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. Viçosa: UFV, 2001. 122p.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N.de. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, 2004. 116p.

GONÇALVES, J.L. de M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P. de; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, p. 309-350.

LOPES, A.S.; VALE, F.R.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: COOPESSAL/ESAL, 1989. 160p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 368p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849p.

MORAIS NETO, S.P.de.; GONÇALVES, J.L.de M.; RODRIGUES, C.J.; GERES, W.L. de A.; DUCATTI, F.; AGUIRRE-JR, J.H. de. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas com combinações de adubos de liberação controlada e prontamente solúveis. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.6, p.779-789, 2003.

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.

PEREIRA, E.G.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; 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, 1996.

PRADO, R. de M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 408p

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

RIBEIRO, G.T.; PAIVA, H.N. de; JACOVINE, L.A.G.; TRINDADE, C.
Produção de mudas de eucalipto. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 122p.

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S. Exigências nutricionais de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa, v.19, n.3, p.415-425, 1995.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, Piracicaba, 2000, p. 167-190.

CAPÍTULO 1

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE COTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de cotieira em resposta a fontes e doses de N, cultivadas em diferentes tipos de solos. O experimento foi instalado em blocos casualizados, disposto no esquema fatorial (3 x 5 x 2), correspondendo a três fontes de N aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio, em cinco doses (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N), em quatro porções iguais, aos 25, 50, 75 e 100 dias após a repicagem, em dois solos, Argissolo Vermelho-Amarelo – PVA e Latossolo Vermelho-Amarelo Álico - LVA, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso, contendo uma muda. Aos 125 dias após a repicagem foram avaliados as características morfológicas e os índices de qualidade das mudas. A aplicação de fertilizantes nitrogenados resultou em ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas. As doses tiveram efeito positivo e significativo para todas as características avaliadas, exceto para a relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca de raiz. O melhor crescimento e qualidade das mudas ocorreu com a aplicação de 300 mg/dm³ de N, tanto no LVA como no PVA. Recomenda-se, na produção de mudas de *Joannesia princeps* Vell., aplicação de 300 mg/dm³ de N, parcelada equitativamente aos 25, 50, 75 e 100 dias após a repicagem, tendo como fonte o sulfato de amônio.

Palavras-chave: Fertilização, adubação nitrogenada, Euphorbiaceae

CHAPTER 1

PRODUCTION AND QUALITY OF COTIEIRA (*Joannesia princeps* Vell.) SEEDLINGS IN DIFFERENT SOILS TYPES, SOURCES AND DOSES OF NITROGEN

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the growth of cotieira seedlings in response to sources and doses of N, grown in different soils types. The experiment was installed in randomized blocks, arranged in a factorial design (3 x 5 x 2), corresponding to three sources of N, applied as a solution in the form of ammonium nitrate, ammonium sulphate, and calcium nitrate in five doses (0, 75, 150, 225, and 300 mg/dm³ N), applied in four equal parts at 25, 50, 75, and 100 days after transplanting in two soils, Red Yellow Argisol (PVA), and Alic Red-Yellow Latosol (LVA) with four replications. The experimental unit consisted of one pot containing one seedling. At 125 days after transplanting, the morphological characteristics and indexes of quality seedlings were evaluated. The application of nitrogenous fertilizers resulted in significant gains in growth and quality of seedlings. The doses had significant and positive effect for all traits, except for the relationship between the dry material of shoot and root dry material. The best growth and quality of seedlings occur with the application of 300 mg/dm³ N, both the LVA and the PVA. It is recommended for seedlings production of *Joannesia princeps* Vell., application of 300 mg/dm³ N, split equally at 25, 50, 75, and 100 days after transplanting, when the source is ammonium sulphate.

Key words: Fertilization, nitrogen fertilization, Euphorbiaceae

1. INTRODUÇÃO

A fertilização é fundamental no processo de produção de mudas, podendo acelerar o crescimento e reduzir o custo de produção (LOPES, 2004). Porém, para obter mudas de qualidade é necessário conhecer a demanda nutricional de cada espécie. A composição do fertilizante, dose, época e método de aplicação influenciam o crescimento e a qualidade das mudas (CARNEIRO, 1995).

O nitrogênio é um nutriente empregado em grandes quantidades, sendo para muitas culturas o nutriente mais caro (CANTARELLA, 2007). Por isso, é importante otimizar seu uso de acordo com a demanda da planta.

As plantas requerem nitrogênio em quantidade superior a qualquer outro nutriente (EPSTEIN e BLOOM, 2005). O N é um componente da clorofila, enzimas, proteínas e ácidos nucleicos (CARNEIRO, 1995). É absorvido pelas plantas, principalmente, na forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) diferindo entre espécies (WILLIAMS e MILLER, 2001).

A cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) é uma espécie arbórea nativa da Mata Atlântica, pertencente à família Euphorbiaceae (LOPES et al., 2002). É usada em reflorestamento, em função da qualidade da madeira produzida e adaptabilidade às condições de cultivo. Sua madeira é especial para a fabricação de palito de fósforo, celulose, entre outros (LORENZI, 2002). Os frutos contêm, geralmente, duas amêndoas que possuem 37% de óleo, sendo útil para fins medicinais (como purgante) e industriais (substituindo o óleo de linhaça para pintura) (CHAVES e DAVIDE, 1996). Atualmente, devido à grande procura por novas fontes de energias renováveis e ecologicamente viáveis, seu óleo pode ser mais uma alternativa para a produção de biodiesel. Seu potencial de produção varia de 550 a 1500 kg de óleo não comestível por hectare (SALVADOR, 2004).

Embora a cotieira seja uma espécie de grande utilização, não há estudos sobre a fertilização nitrogenada de suas mudas. Entretanto, vários pesquisadores têm observado respostas significativas de outras espécies nativas à adubação nitrogenada (DIAS et al., 1992; SILVA e MUNIZ, 1995; RENÓ et al., 1997; MARQUES et al., 2006; CRUZ et al., 2006; MARQUES et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de cotieira, cultivadas em dois tipos de solo predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais, em resposta à aplicação de três fontes e cinco doses de nitrogênio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, no período de novembro de 2007 a maio de 2008.

As sementes de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) foram obtidas numa área de Mata Atlântica no município de Marilac, MG. A semeadura foi realizada em canteiros com areia para posterior repicagem.

O substrato usado para produção das mudas foi terra de subsolo retirada da camada abaixo de 20 cm de profundidade na região de Viçosa, MG, do perfil de dois tipos de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), caracterizados quimicamente (Tabela 1) no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV.

Tabela 1 – Análise química das amostras de solos utilizados na produção de mudas de *Joannesia princeps* Vell., realizada antes da aplicação dos tratamentos. LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo

Solo	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(T)	V	m	MO
	(H ₂ O)	(mg/dm ³)		(cmolc/dm ³)						(%)	dag/kg	
LVA	4,73	0,90	10	0,14	0,03	1,20	5,30	0,20	5,50	3,6	85,7	1,66
PVA	5,64	1,50	16	1,74	0,17	0,00	3,00	1,95	4,95	39,4	0,0	-

pH em água, relação 1:2,5.

P e K – Extrator Mehlich 1.

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol/L.

H+Al –extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L– pH 7,0

MO – Matéria orgânica=C.org. x 1,724

T– Capacidade de troca catiônica (pH 7,0)

SB– Soma de bases trocáveis

V– Índice de Saturação por bases

m– Saturação por alumínio

Os solos foram secos ao ar, peneirados em malha de 4 mm de diâmetro e efetuada a correção da acidez, sendo a necessidade de calagem determinada segundo o Método de Saturação por Bases, para atingir uma saturação de bases de 60%. O corretivo utilizado foi uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1.

Após incorporação do corretivo, seguiu-se incubação por 30 dias, com umidade sendo mantida em torno da capacidade de campo. Posteriormente, os solos receberam adubação básica de macronutrientes, via solução, nas doses de 300 mg/dm³ de P, 100 mg/dm³ de K e 40 mg/dm³ de S, tendo como fontes KH₂PO₄, NaH₂PO₄.H₂O e K₂SO₄, como sugerido por Passos (1994). E uma solução de micronutrientes, nas doses de 0,81 mg/dm³ de B (H₃BO₃), 1,33 mg/dm³ de Cu (CuSO₄.5H₂O), 0,15 mg/dm³ de Mo [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O)], 3,66 mg/dm³ de Mn (MnCl₂.H₂O) e 4,0 mg/dm³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V. et al., 2006). Os solos foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade de 2,2 dm³ e com furos na base.

Após a emergência das plântulas, foram selecionadas as mais vigorosas, sadias e uniformes, que foram repicadas para os vasos e mantidas em casa de sombra (sombrite 50%) durante 20 dias, sendo posteriormente levadas para casa de vegetação.

Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio, aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e nitrato de cálcio [Ca (NO₃)₂.4H₂O], em cinco doses (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N) aplicadas em quatro porções iguais, aos 25, 50, 75 e 100 dias após a repicagem.

A unidade experimental foi constituída por um vaso plástico, contendo uma muda. O experimento foi instalado em blocos casualizados, dispostos no esquema fatorial (3 x 5 x 2), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e dois tipos de solos, com quatro repetições, num total de 120 vasos.

Aos 125 dias após a repicagem, foram medidos a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC) das plantas. O DC foi medido com paquímetro digital, e a H mensurada com auxílio de uma régua milimetrada posicionada em nível do substrato até o meristema apical da muda. O material vegetal foi dividido em parte aérea (folha e caule) e raiz, sendo o sistema radicular separado do solo por meio de lavagem com água, com auxílio de peneira de malha fina. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel pardo e levado para estufa com circulação forçada de ar, a 60° C, até atingir massa constante, sendo então pesado em balança de precisão, para as

determinações da matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e a matéria seca total (MST).

De posse dos valores de H, DC, MSPA, MSR e MST, foram calculadas as relações entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC), altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA), matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes (RMSPAMSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), calculado pela fórmula:
$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{[(H_{(cm)}/DC_{(mm)})+(MSPA_{(g)} / MSR_{(g)})]}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de média (Teste de Tukey a 5% de probabilidade) para as variáveis qualitativas (solos e, ou fontes) e análise de regressão para a variável quantitativa, doses. As análises foram realizadas empregando o software STATISTIC 8.0 (STATSOFT INC., 2008). Na escolha das equações de regressão, foram considerados o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2), a significância dos coeficientes e o significado biológico dos modelos. A partir das equações ajustadas, foram estimadas as doses de N para a obtenção de 90% da produção máxima. A escolha da dose recomendada foi baseada na MST.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de N aos substratos promoveu aumento significativo (Tabela 2) no crescimento das mudas de *Joannesia princeps* Vell.. A adição de N aos substratos, geralmente, promove aumento significativo no crescimento de mudas, possibilitando controlar seu ritmo de crescimento, dimensões e vigor (NEVES et al., 1990).

Nas mudas que não receberam a aplicação de N-mineral (Figura 1), foram observados sintomas de deficiência, caracterizados por clorose gradual das folhas mais velhas. Isto já era esperado, pois o N tem alta mobilidade na planta e se transloca dos tecidos mais velhos para os mais novos (MARSCHNER, 1995).

Aos 125 dias após a repicagem, foi observado que, nas mudas que não receberam a aplicação de N, a H foi em média 25% menor em relação ao tratamento com maior H (Dose 300 mg/dm³ de N). Já a MSPA e a MSR foram em média 70 e 73 % inferiores, respectivamente, em relação ao tratamento

300 mg/dm³ de N que proporcionou maior média de MSPA e MSR, evidenciando assim a importância da adubação nitrogenada na produção de mudas de cotieira. A matéria seca (MSPA e MSR) é considerada uma das melhores características para analisar a qualidade de mudas e está diretamente relacionada com a sobrevivência no campo após plantio (GOMES, 2001).

Tabela 2 - Características morfológicas de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), cultivadas em dois tipos de solos, três fontes e cinco doses de N, avaliadas aos 125 dias após a repicagem.

SOLOS	MÉDIAS								
	H cm	DC mm	MSR	MSPA g	MST	RHDC	RHMSPA	RMSPAMSR	IQD
LVA	39,2	16,4	14,2	23,9	38,1	2,4	2,0	1,7	9,4
PVA	40,1	16,4	12,7	25,9	38,7	2,5	1,8	2,1	8,7
FONTES									
NH ₄ NO ₃	38,5	16,5	13,9	23,8	37,7	2,4	1,9	1,8	9,4
Ca(NO ₃) ₂	40,1	15,9	13,0	24,5	37,5	2,5	1,9	1,9	8,5
(NH ₄) ₂ SO ₄	40,3	16,8	13,5	26,5	40,0	2,4	1,8	2,0	9,2
DOSES (mg/dm ³ de N)									
0	33,6	12,7	5,3	10,8	16,1	2,7	3,2	2,1	3,4
75	36,3	15,3	9,9	18,2	28,2	2,4	2,0	1,9	6,6
150	40,3	17,6	14,3	27,0	41,3	2,3	1,5	1,9	9,9
225	42,8	17,9	18,0	32,3	50,3	2,4	1,3	1,9	12,1
300	45,2	18,5	19,8	36,4	56,2	2,5	1,3	1,9	13,1

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto, MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; RHDC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; RHMSPA – relação entre a altura e matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR – relação entre a matéria seca da parte aérea e a da raiz; IQD – índice de qualidade de Dickson. LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; PVA - Argiloso Vermelho-Amarelo

O fato de a redução no crescimento em H (25%) ter sido bem menor, comparado à redução na produção de MSPA (70%), nas mudas que não receberam a adição de N-mineral, pode ser justificado pelo fato de o N estimular o crescimento vegetativo, e em casos de baixo suprimento, ocorrer redução na produção de folhas (tamanho e número) (MAFFEIS et al., 2000) (Figura 1).

Embora tenha sido observado menor porte das mudas na condição de não adição de N ao solo (Tabela 2), o desempenho observado das mudas nessa condição é um indício de que a espécie seja eficiente na absorção e

utilização de N, mesmo em condições de concentrações baixas deste nutriente na solução do solo. Plantas deficientes em N alongam seu sistema radicular em detrimento das reservas da parte aérea (SOUZA e FERNANDES, 2006). Logo, era esperado que as plantas apresentassem maior MSR comparado à MSPA. Como foi observado por Marques (2006) em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), as que não receberam a aplicação de N apresentaram uma média de produção de MSR maior que a MSPA, de 0,8 e 0,2 g, respectivamente. Este padrão não foi observado para a cotieira, cujos valores médios encontrados foram de 5,3 g para MSR e 10,8 g para MSPA (Tabela 2).



Figura 1 - Padrão de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) cultivadas em Argissolo, aos 125 dias após a repicagem, em resposta à aplicação de doses de N (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N) na forma de nitrato de amônio.

A eficiência nutricional de uma espécie ou genótipo é refletida por sua habilidade em produzir altos rendimentos em solos que apresentem limitações para um ou mais nutrientes minerais (GRAHAM, 1984). Isto é importante para seleção e melhoramento de genótipos com alta eficiência de utilização em solos com baixa disponibilidade de nutrientes (TOMAZ, 2005). Quando uma planta se encontra numa situação de baixa disponibilidade de nutriente, ela tende a utilizá-lo de forma mais eficiente (SANTOS et al., 2008).

Para todas as características e suas relações estudadas não houve interação significativa dos fatores analisados (Tabela 3), com exceção para a interação solo x dose, na RHMSPA. Foram observados, para algumas características, efeitos principais significativos ($p \leq 0,05$) de solos, fontes e doses aplicadas.

Para a H, a aplicação de doses crescentes de N proporcionou um padrão linear, com os maiores valores ocorrendo nas maiores doses testadas (Figura 2A), independentemente da fonte aplicada e do solo utilizado como substrato. Efeito semelhante foi observado por Marques et al. (2006) em mudas de jacarandá-da-bahia cultivadas em Argissolo e Cambissolo. A aplicação de N promove incremento significativo em H, porém, doses muito elevadas podem apresentar resultados inversos aos esperados (GOMES e PAIVA, 2004).

Para o DC (Figura 2B), MSPA (Figura 2C), MSR (Figura 2D) e MST (Figura 2E), a resposta das mudas de cotieira à adubação nitrogenada foi quadrática, ou seja, houve uma resposta positiva elevando os valores dessas características à medida que aumentaram as doses de N aplicadas. E a partir de determinada dose, a resposta à adubação passou a decrescer. Esse efeito quadrático das doses possibilitou a determinação da dose crítica: 118 mg/dm³ de N para o DC e 291 mg/dm³ de N para a MSR. Porém, para a MSPA e MST, as doses que proporcionaram 90% da produção máxima foram superiores às testadas. O efeito positivo da aplicação de N sobre essas características também foi observado por Marques (2006), em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*).

Em relação à fonte de N aplicada, os maiores valores de DC (16,8 e 16,5 mm) (Figura 3A) foram obtidos nas mudas que receberam a aplicação de sulfato de amônio e nitrato de amônio, respectivamente. Para a MSPA, as maiores médias (26,45 e 24,49 g) (Figura 3B) foram obtidas com a aplicação de sulfato de amônio e de nitrato de cálcio, respectivamente. Tanto para DC como para MSPA, as duas fontes que proporcionaram os melhores desempenhos não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e suas relações estudadas, na produção de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), avaliadas aos 125 dias após a repicagem.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO								
		H	DC	MSR	MSPA	MST	RHDC	RHMSPA	RMSPAMSR	IQD
Solo (S)	1	23,3 ^{ns}	0,2 ^{ns}	68,58*	123,63*	8,05 ^{ns}	0,042 ^{ns}	1,50*	4,79*	17,35*
Fonte (F)	2	38,4 ^{ns}	8,7*	8,96 ^{ns}	74,61*	77,30 ^{ns}	0,320*	0,17 ^{ns}	0,60*	9,93 ^{ns}
Dose (D)	4	530,6*	134,9*	850,03*	2604,20*	6426,10*	0,410*	16,12*	0,21 ^{ns}	382,94*
S x F	2	0,8 ^{ns}	0,04 ^{ns}	9,80 ^{ns}	4,00 ^{ns}	13,41 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,05 ^{ns}
S x D	4	11,4 ^{ns}	4,2 ^{ns}	14,26 ^{ns}	25,78 ^{ns}	72,26 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,68*	0,09 ^{ns}	7,34 ^{ns}
F x D	8	21,5 ^{ns}	1,8 ^{ns}	7,62 ^{ns}	8,71 ^{ns}	20,37 ^{ns}	0,116 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,17 ^{ns}	4,11 ^{ns}
S x F x D	8	8,7 ^{ns}	2,0 ^{ns}	2,40 ^{ns}	14,26 ^{ns}	17,64 ^{ns}	0,018 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,89 ^{ns}
Bloco	3	3,2 ^{ns}	1,4 ^{ns}	10,77 ^{ns}	14,13 ^{ns}	30,53 ^{ns}	0,042 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,25 ^{ns}	2,54 ^{ns}
Resíduo	87	19,7	1,7	7,56	19,79	36,09	0,083	0,09	0,15	3,21
CV%		11,2	8,0	20,4	17,8	15,6	11,8	16,0	20,2	19,8

* ($p \leq 0,05$) e ^{ns} ($p > 0,05$), pelo teste F.

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; RHDC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; RHMSPA – relação entre a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR – relação entre a matéria seca da parte aérea e a da raiz; IQD – índice de qualidade de Dickson.

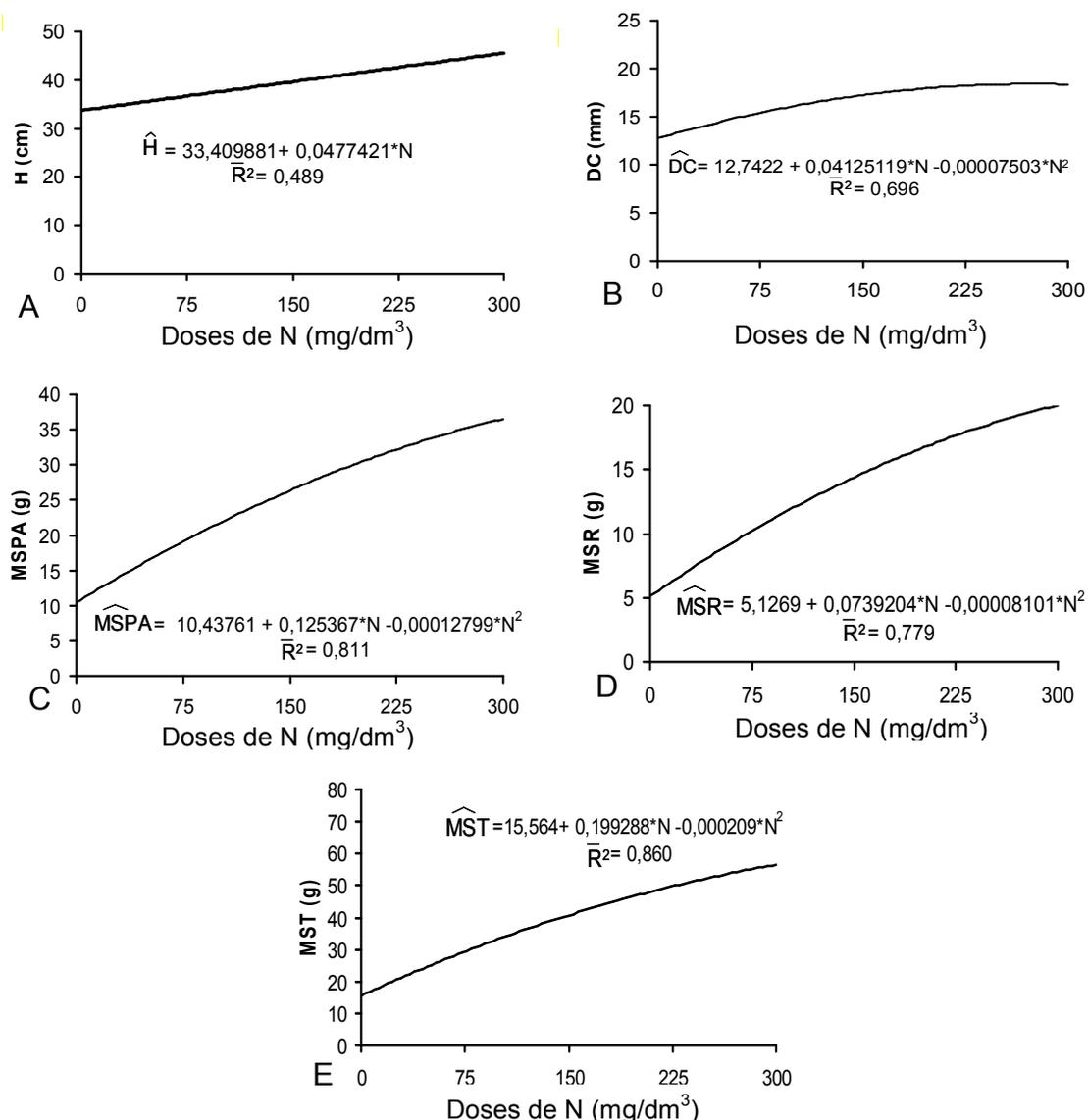


Figura 2 - Altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) aos 125 dias após a repicagem, produzidas em Argissolo e Latossolo, em resposta à aplicação de doses de N. * significativo a 1% de probabilidade.

A MSPA e a MSR das mudas de cotieira foram influenciadas significativamente ($p \leq 0,05$) pelos solos utilizados como substrato, sendo as maiores médias para a MSR (14,2 g) obtidas no Latossolo e para a MSPA (25,9 g) no Argissolo (Figuras 4A e 4B).

A RHDC foi influenciada pela fonte de N aplicada, sendo as melhores médias, 2,36 e 2,42, obtidas com a aplicação de nitrato de amônio e sulfato de amônio, que não diferiram significativamente ($p > 0,05$) entre si (Figura 5). Quanto menor o valor desse índice, melhor o desempenho das mudas após o

plantio (CARNEIRO, 1995). Cruz et al. (2006) observaram em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) que 3,2 foi o menor valor para este índice, relatando que ele não foi influenciado significativamente pela aplicação de sulfato de amônio. Além da influência das fontes de N na RHDC das mudas de cotieira, também foi observado efeito quadrático das doses (Figura 6A), sendo 173 mg/dm³ de N a dose para obter o melhor valor para esse índice (2,32), independentemente do solo e da fonte aplicada.

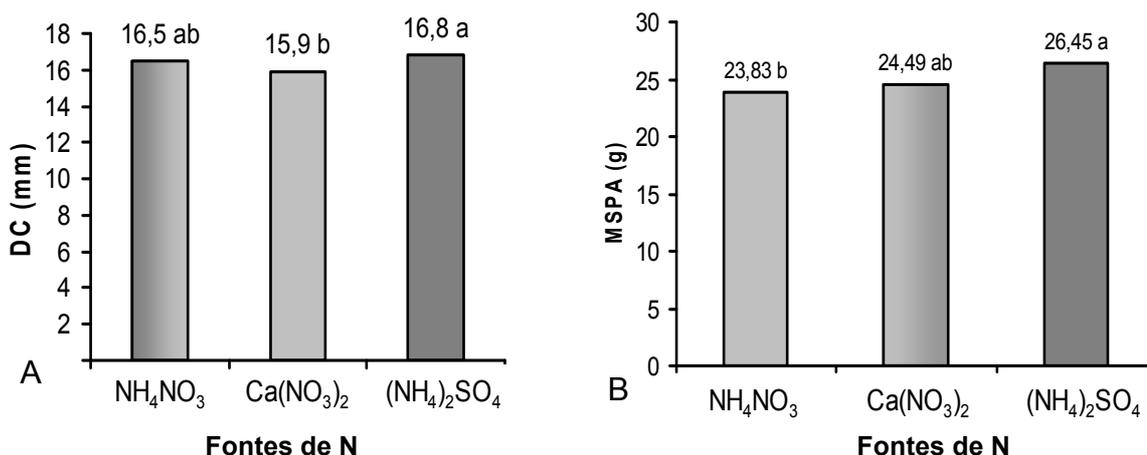


Figura 3 – Diâmetro do coleto (DC) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), avaliados aos 125 dias após a repicagem em resposta à aplicação de fontes de N (média de dois solos e cinco doses de N). Letras iguais indicam igualdade pelo Teste Tukey ($p > 0,05$)

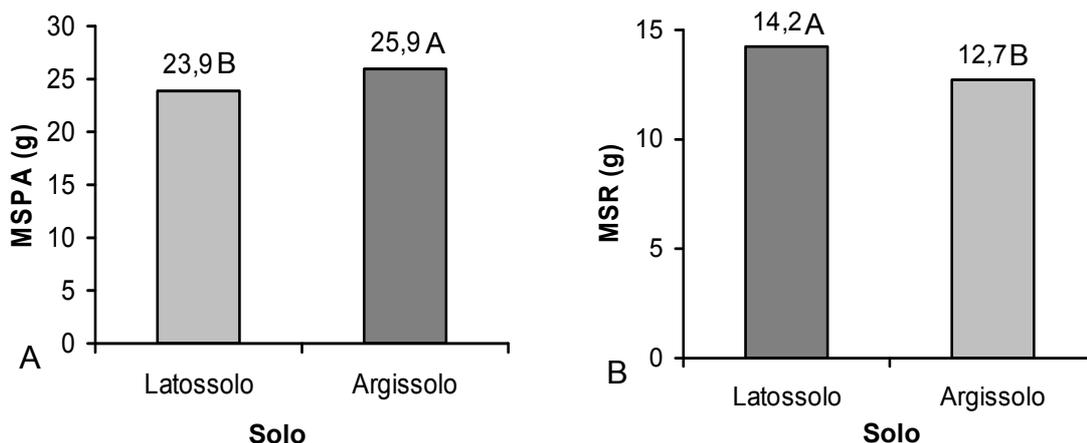


Figura 4 – Matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), avaliadas aos 125 dias após a repicagem e cultivadas em dois tipos de solos (média de três fontes de N em cinco doses). Letras iguais indicam igualdade pelo Teste F ($p > 0,05$).

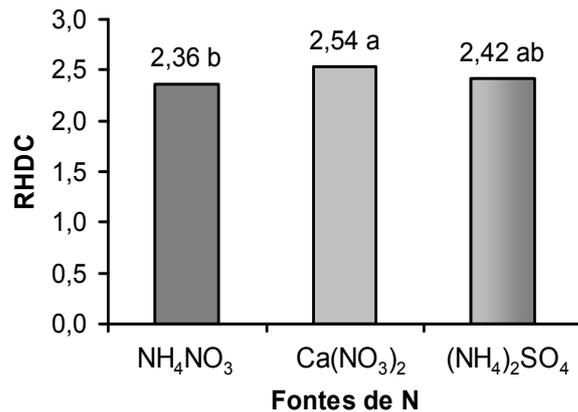


Figura 5 – Relação entre a altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), avaliada aos 125 dias após a repicagem, em resposta à aplicação de fontes de N. Letras iguais indicam igualdade pelo Teste Tukey ($p > 0,05$).

Para a RHMSPA, foi observado efeito significativo da interação solo x dose (Tabela 3), com os melhores valores obtidos nas mudas produzidas no Argissolo (Tabela 2 e Figura 6B). Gomes e Paiva (2004) afirmam que quanto menor for este índice, mais lenhificada será a muda e maior sua chance de sobrevivência após o plantio.

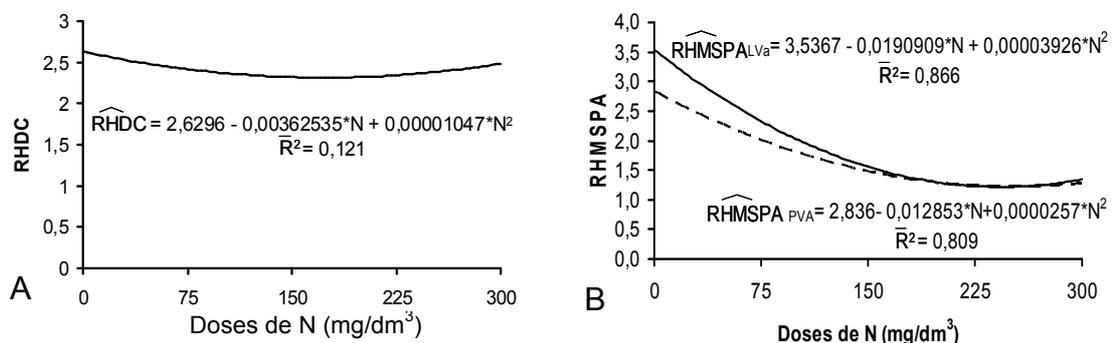


Figura 6 - Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC) e doses de N (A) e relação entre a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA) e doses de N (B) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) aos 125 dias após a repicagem, produzidas em Argissolo e Latossolo. * significativo a 1% de probabilidade.

Para a RMSPAMSR, foi observada influência dos solos e das fontes de N aplicadas. Pesquisadores chegaram a um consenso de que o valor “2,0” é considerado ideal para este índice (BRISSETE, 1984 apud GOMES, 2001). Assim, o solo em que as mudas apresentaram o melhor desempenho (2,1) foi o Argissolo (Figura 7A), e a fonte que promoveu o melhor efeito (2,0) foi o sulfato de amônio (Figura 7B), não diferindo estatisticamente ($p > 0,05$) dos

valores obtidos (1,95) com a aplicação do nitrato de cálcio. Porém, com a aplicação de nitrato de cálcio, o valor médio do índice foi inferior ao recomendado por pesquisadores. Logo, com a aplicação de sulfato de amônio, os resultados tendem a ser mais satisfatórios.

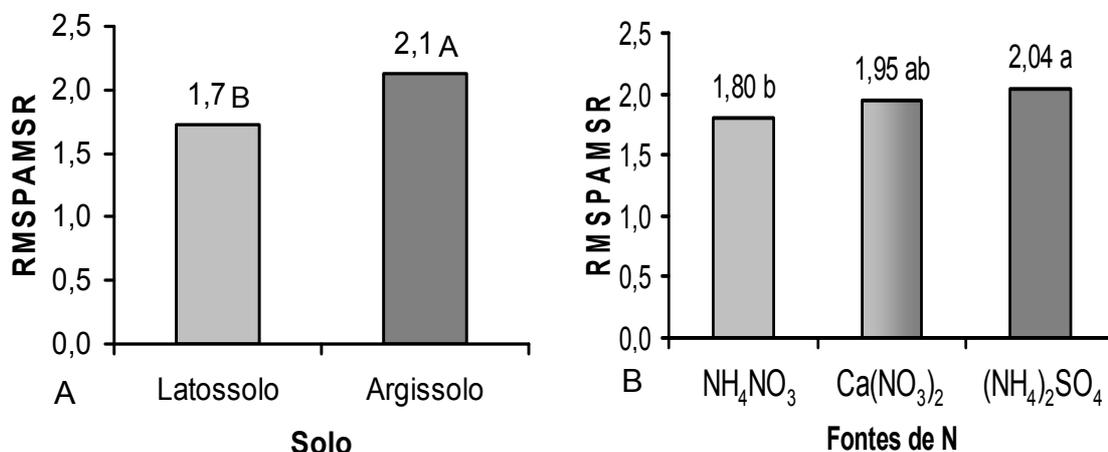


Figura 7 – Relação entre a matéria seca de parte aérea e matéria seca de raiz (RMSPAMSR) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) em dois tipos de solo (A) e três fontes de N (B), avaliada aos 125 dias após a repicagem. Letras iguais indicam igualdade pelo Teste F (letras maiúsculas) e Tukey (letras minúsculas), ($p > 0,05$).

Ao analisar o IQD, foi observada maior média (9,4) para as mudas produzidas no Latossolo (Figura 8). Hunt (1990 apud GOMES, 2001) propôs um valor mínimo de 0,20 como um bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziensis* e *Picea abies*, sendo que quanto maior for o valor para este índice melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2004). Assim, nos dois solos utilizados, as mudas apresentaram valores deste índice superiores a 0,20, ambos proporcionando obtenção de mudas com bom padrão de qualidade. O IQD também foi influenciado pelas doses de N aplicadas, cujo efeito quadrático (Figura 9) permitiu estimar a dose crítica (251 mg/dm³ de N), resultando num valor de IQD igual a 12,45.

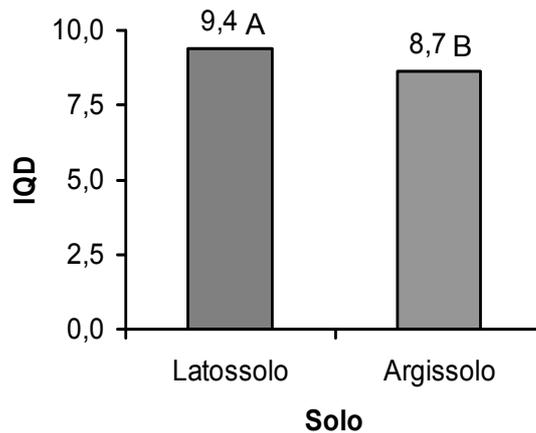


Figura 8 – Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.), avaliado aos 125 dias após a repicagem e cultivadas em dois tipos de solos. Letras iguais indicam igualdade pelo Teste F ($p > 0,05$).

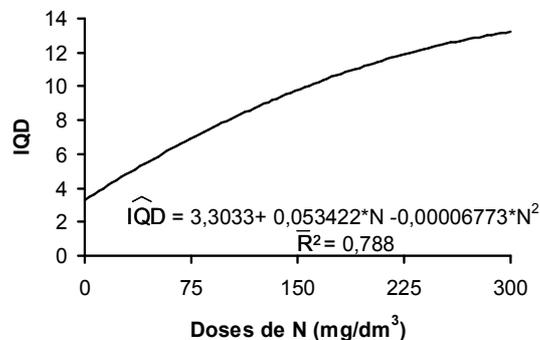


Figura 9 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de cotieira (*Joannesia princeps* Vell.) aos 125 dias após a repicagem, produzidas em Argissolo e Latossolo, em resposta à aplicação de doses de N. * significativo a 1% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

A aplicação de fertilizantes nitrogenados resulta em ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas de *Joannesia princeps* Vell..

Melhores crescimento e qualidade das mudas ocorrem com a aplicação de 300 mg/dm³ de N.

Recomenda-se, na produção de mudas de cotieira, aplicação de 300 mg/dm³ de N, parcelada equitativamente aos 25, 50, 75 e 100 dias após a repicagem, tendo como fonte o sulfato de amônio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N. F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: SBCS, 2007, p. 376–449.

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

CHAVES, M. M. F.; DAVIDE, A. C. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Joannesia princeps* Vell. – Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.18, p.208-213, 1996.

CRUZ, C.A.F. e; PAIVA, H.N. de; GUERREIRO, C.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 537-546, 2006.

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

DUBOC, E.; VENTURIN, N. VALE, F.R. do; DAVIDE, A.C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffi* Desf. (Óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p.1-12, 1996.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. 2 ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2005. 400p.

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2001.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N.de. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa-MG: UFV, 2004. 116p.

GRAHAM. R.D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: TINKER, P.B.; LAUCHLI, A. (Eds.). **Advances in Plant Nutrition**, New York: Praeger, 1984, p. 57-102.

LOPES, J.L.W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 2004. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, São Paulo.

LOPES, W.P.; SILVA, A.F.; SOUZA, A.L.; MEIRA NETO, J.A.A. Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no parque estadual do Rio Doce - Minas Gerais, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo-SP, v.16, p.443-56, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 367 p.

MAFFEIS, A.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; BRITO, J.O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento das plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 87-98, 2000.

MARQUES, L.S. **Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solo e fontes de nitrogênio**. 2006. 118 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MARQUES, V.B.; PAIVA, H.N. de; GOMES, J.M.; NEVES, J.C.L.; BERNARDINO, D.C. de S. Efeito de fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento inicial e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p. 725-735, 2006.

MARQUES, L.S.; PAIVA, H.N. de; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; SOUZA, P.H. de. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.81-92, 2009.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J.D.; GONTIJO, T.C.A.; MARTINS, P.C.C.; DANTAS, D.J.; PIO, R.; ABREU, N.A.A. de. Osmocote® e substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Ciência Agrotécnica**, Lavras-MG, v.28, n.4, p. 799-806, 2004.

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

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

RENÓ, N.B.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; VALE, F.R. do. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em

Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.1, p.17-25, 1997.

SALVADOR, N. Biodisel: Desempenho de um motor usando o éster metílico de *Joannesia principes* Vell. como combustível. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 1., Varginha, 2004. **Anais...** Varginha: 2004. p. 263-267.

SANTOS, J.Z.L.; RESENDE, A.V. de; FURTINI-NETO, A.E.; CORTE, E.F. Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n. 5, p. 799-807, 2008.

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S. Exigências nutricionais de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.19, n.3, p.415-425, 1995.

SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa-MG: SBCS, 2006. cap. 9, p. 215-252.

STATSOFT INC. **Statistica data analysis system version 8.0**. Tulsa: Statsoft Inc., 2008

TOMAZ, M.A. **Desenvolvimento, eficiência nutricional e produção de cafeeiros enxertados**. 2005. 90f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 659-688, 2001.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE CEDRO-ROSA (*Cedrela fissilis* Vell.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes e doses de N no crescimento e qualidade de mudas de cedro-rosa produzidas em diferentes tipos de solos. O experimento foi instalado em blocos casualizados, dispostos no esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes de N, aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio, em cinco doses (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N), aplicadas, em quatro porções iguais, aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura, em três solos, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico-LVA, Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico - LVd, com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por um vaso contendo uma muda. Aos 125 dias após a semeadura, foram avaliadas as características morfológicas e os índices de qualidade das mudas. A aplicação de fertilizantes nitrogenados resultou em ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas. Foi observado efeito significativo da interação solo x fonte x dose sobre todas as características e índices avaliados. Os melhores desempenhos das mudas foram obtidos com a aplicação de 300 mg/dm³ de N. Recomenda-se, para a produção de mudas de *Cedrela fissilis* Vell., aplicação de 300 mg/dm³ de N, parcelada equitativamente aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura, utilizando como substrato, preferencialmente, o LVA e PVA, e como fonte de N o nitrato de amônio. Quando utilizar o LVd, aplicar o nitrato de cálcio.

Palavras-chave: Fertilização, adubação nitrogenada, Meliaceae

CHAPTER 2

PRODUCTION AND QUALITY OF CEDRO-ROSA (*Cedrela fissilis* Vell.) SEEDLINGS IN DIFFERENT SOILS TYPES, SOURCES AND DOSES OF NITROGEN

ABSTRACT: The purpose of this study was to evaluate the effect of sources and N doses on growth and quality of seedlings of cedro-rosa produced in different soils types. The experiment was installed in randomized blocks, arranged in a factorial (3 x 5 x 3), corresponding to three sources of N, applied as a solution under the form of ammonium nitrate, ammonium sulphate, and calcium nitrate and five doses (0, 75, 150, 225, and 300 mg/dm³ N),. applied in four equal parts at 25, 50, 75, and 100 days after sowing in three soils, alic Red-Yellow Latosol (LVA). alic Red-Yellow Argisol (PVA) and Distrofic Red Yellow Latosol (LVd) with four replications. The experimental unit consisted of one pot containing one seedling. At 125 days after sowing, the morphological features and rates of seedling quality were evaluated. The application of nitrogenous fertilizers resulted in significant gains in growth and quality of seedlings. A significant effect of interaction soil x source x dose on all the features and indexes was observed. The best performances of the seedlings were obtained with the application of 300 mg/dm³ N. It is recommended for seedlings production of *Cedrela fissilis* Vell., application of 300 mg/dm³ N, split equally at 25, 50, 75, and 100 days after sowing, using as a substrate preferably LVA and PVA and ammonium nitrate as N source. When using LVd, apply calcium nitrate.

Key words: Fertilization, nitrogen fertilization, Meliaceae

1. INTRODUÇÃO

Para propagar uma espécie de interesse, é necessário conhecer suas exigências nutricionais. Espécies florestais da Mata Atlântica, principalmente as das classes secundárias e clímax da sucessão florestal, são sensíveis à acidez e aos altos níveis de alumínio e manganês dos solos, além de serem exigentes em macro e micronutrientes (GONÇALVES, 1995).

A composição do fertilizante, dose, época e método de aplicação têm efeito no crescimento, tanto da parte aérea como do sistema radicular, na coloração, na resistência a pragas e doenças em mudas (CARNEIRO, 1995). O sucesso nas adubações, principalmente aquelas realizadas em cobertura, depende das doses e fontes dos nutrientes utilizados, da capacidade de troca catiônica do substrato e das suas características físicas (DEL QUIQUI et al., 2004).

O nitrogênio está presente em inúmeras moléculas fundamentais para o metabolismo das plantas, destacando-se os aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila. Assim, as principais reações bioquímicas em plantas e microorganismos envolvem a presença do nitrogênio, tornando-o um dos nutrientes absorvidos em maiores quantidades pelas plantas cultivadas (CANTARELLA, 2007).

O N encontra-se no solo na forma de amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis (SOUZA e FERNANDES, 2006). Porém as plantas, para absorvê-lo, diferem na preferência por fontes de N, e o absorvem principalmente sob formas inorgânicas, como o nitrato (NO_3^-) e/ou amônio (NH_4^+) (WILLIAMS e MILLER, 2001).

O desenvolvimento de mudas em função da fertilização nitrogenada desperta atenção de pesquisadores. Para Neves et al. (1990), a fertilização nitrogenada normalmente promove ganhos no desenvolvimento, controlando o ritmo de crescimento, tamanho e vigor das mudas.

O cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) é uma espécie arbórea da família Meliaceae (MARTINS e LAGO, 2008). Ocorre em diversas formações florestais brasileiras, desde o Rio Grande do Sul até Minas Gerais, nas florestas semidecídua e pluvial atlântica (LORENZI, 2000). Em relação ao estágio sucessional, o cedro-rosa desenvolve-se no interior de floresta

primária, porém, apresenta agressividade na vegetação secundária (CARVALHO, 1994). É uma espécie considerada madeira de lei, de grande valor econômico, contudo, em crescente risco de extinção, o que traz, além de preocupações, a necessidade de se estabelecerem plantios e explorações racionais (BARBEDO et al., 1997).

Além do valor madeireiro, o cedro é uma espécie melífera podendo também ser empregada em projetos paisagísticos e arborização urbana (LORENZI, 1992). É uma espécie importante para recuperação florestal de áreas degradadas e de matas ciliares, onde não ocorrem inundações (DURIGAN et al., 2002). Também é promissora para a recuperação de solos contaminados por metais pesados (MARQUES et al., 1997).

Silva e Muniz (1995), estudando o padrão de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. em solução nutritiva, pela técnica do elemento faltante, observaram que o N foi o nutriente que mais limitou o crescimento das mudas. Porém, não há informações sobre o efeito da adubação nitrogenada em mudas dessa espécie, produzidas em solo, com a aplicação de diferentes fontes de N.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), em resposta à aplicação de fontes e doses de nitrogênio, cultivadas em solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, no período de novembro de 2007 a maio de 2008. As sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.) foram obtidas no Setor de Silvicultura da UFV.

O substrato utilizado para produção das mudas foi terra de subsolo retirada da camada abaixo de 20 cm de profundidade na região de Viçosa, MG, do perfil de três tipos de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd), que foram caracterizados quimicamente (Tabela 1) no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV.

Tabela 1 – Análise química das amostras de solos utilizados na produção de mudas de *Cedrela fissilis* Vell., realizada antes da aplicação dos tratamentos. LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo; LVd - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Solo	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(T)	V	m	MO
	(H ₂ O)	(mg/dm ³)	(cmolc/dm ³)					(%)		dag/kg		
LVA	4,73	0,90	10	0,14	0,03	1,20	5,30	0,20	5,50	3,6	85,7	1,66
PVA	5,64	1,50	16	1,74	0,17	0,00	3,00	1,95	4,95	39,4	0,0	-
LVd	5,40	2,50	26	0,17	0,09	0,00	2,00	0,33	2,33	14,2	0,0	-

pH em água, relação 1:2,5.

P e K – Extrator Mehlich 1.

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol/L.

H+Al –extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L– pH 7,0

MO – Matéria orgânica=C.org. x 1,724

T– Capacidade de troca catiônica (pH 7,0)

SB– Soma de bases trocáveis

V– Índice de Saturação por bases

m– Saturação por alumínio

Os solos foram secos ao ar, peneirados em malha de 4 mm de diâmetro e realizada a correção da acidez, utilizando uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, na relação estequiométrica de 4:1. De posse dos resultados da análise química dos solos, foi calculada a necessidade de calagem segundo o Método de Saturação por Bases, pela seguinte fórmula: NC (t/ha) = (V₂-V₁). T/100. Em que NC = necessidade de calagem, em toneladas por hectare; V₂ = porcentagem de saturação por bases desejada (no caso, 60%); V₁ = porcentagem de saturação por bases do solo conforme análise; e T= capacidade de troca catiônica em pH 7,0.

Após a incorporação do corretivo, seguiu-se incubação por 30 dias, com umidade mantida em torno da capacidade de campo. Posteriormente, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas doses de 300 mg/dm³ de P, 100 mg/dm³ de K e 40 mg/dm³ de S, tendo como fontes KH₂PO₄, NaH₂PO₄.H₂O e K₂SO₄, como sugerido por Passos (1994). E uma solução de micronutrientes, nas doses de 0,81 mg/dm³ de B (H₃BO₃), 1,33 mg/dm³ de Cu (CuSO₄.5H₂O), 0,15 mg/dm³ de Mo [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O)], 3,66 mg/dm³ de Mn (MnCl₂.H₂O) e 4,0 mg/dm³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V. et al., 2006). Os solos foram acondicionados em vasos plásticos com capacidade de 2,2 dm³ e com furos na base. Que foram levados para casa de vegetação.

A semeadura foi realizada diretamente nos vasos. Após a germinação, foi realizado o raleio, deixando apenas uma muda por vaso.

Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio, aplicadas como solução, na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], sulfato de

amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ e nitrato de cálcio $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, e cinco doses (0, 75, 150, 225 e 300 mg/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 plástico, contendo uma muda. O experimento foi instalado em blocos casualizados, disposto no esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 180 vasos.

Aos 125 dias após a semeadura, foram medidas a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC) das plantas. O DC foi medido com paquímetro digital, e a H mensurada com auxílio de uma régua milimetrada posicionada em nível do substrato até o meristema apical da muda. O material vegetal foi dividido em parte aérea (folha e caule) e raiz, sendo o sistema radicular separado do solo por meio de lavagem com água, com auxílio de peneira de malha fina. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel pardo e levado para estufa com circulação forçada de ar, a 60° C, até atingir massa constante, sendo então pesado em balança de precisão para as determinações das seguintes características: matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST).

De posse dos valores de H, DC, MSPA, MSR e MST, foram calculadas as relações entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC), altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA), matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes (RMSPAMSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), calculado pela fórmula: $\text{IQD} = \text{MST}_{(g)} / [(H_{(\text{cm})} / \text{DC}_{(\text{mm})}) + (\text{MSPA}_{(g)} / \text{MSR}_{(g)})]$.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. As análises foram realizadas no software STATISTIC 8.0 (STATSOFT INC., 2008). Na escolha das equações de regressão, foram considerados o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2), a significância dos coeficientes e o significado biológico dos modelos. A partir das equações ajustadas, foram estimadas as doses de N para a obtenção de 90% da produção máxima. A escolha da dose recomendada foi baseada na MST.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação nitrogenada proporcionou ganhos em crescimento das mudas de cedro-rosa (Tabela 2), sendo que a condição de não adição de N-mineral aos solos (Dose = 0 mg/dm³ de N) foi limitante para o crescimento de suas mudas (Figura 1). Foram observados sintomas de deficiência de N, caracterizados por clorose nas folhas, inicialmente nas mais velhas, e redução no crescimento, corroborando o observado por Silva e Muniz (1995) em mudas da mesma espécie cultivadas em solução nutritiva na ausência de N.

Nesta condição de não adição de N (Dose = 0 mg/dm³ de N), a média de produção de MSR (1,50 g) das mudas foi maior que a de MSPA (1,19 g) (Tabela 2) corroborando os dados encontrados por Souza e Fernandes (2006), que relataram que plantas deficientes em N apresentam redução no crescimento e, inicialmente, em detrimento das reservas da parte aérea, promovendo alongamento de seu sistema radicular como uma alternativa de “buscar” o nutriente. Porém, com a aplicação de N ao substrato, as mudas de cedro apresentaram uma inversão na produção de matéria seca quando comparado à condição de não adição de N. Com a aplicação, houve maior produção de MSPA comparado à MSR. O aumento na disponibilidade de N proporciona maior crescimento relativo da parte aérea comparado ao sistema radicular (GOMES e PAIVA, 2004). Nessa condição, maior proporção de carboidratos é translocada para a parte aérea, sendo usado na síntese de proteínas e no crescimento (BROWER, 1962).

Foi observada, por meio da análise de variância (Tabela 3), significância ($p \leq 0,05$) para os efeitos principais dos tipos de solos e doses sobre todas as características morfológicas e suas relações, exceto para o efeito de doses na RHDC. Porém, as fontes aplicadas não apresentaram efeito principal significativo ($p > 0,05$) sobre tais características. Para a interação entre os fatores, todas elas apresentaram efeito significativo ($p \leq 0,05$) sobre as características e suas relações, exceto para o efeito da interação solo x dose para a H.

Tabela 2 – Características morfológicas de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), cultivadas em três tipos de solo, três fontes e cinco doses de N, avaliadas aos 125 dias após a semeadura.

SOLOS	MÉDIAS								
	H cm	DC mm	MSR	MSPA g	MST	RHDC	RHMSPA	RMSPAMSR	IQD
LVA	18,19	13,23	7,99	10,42	18,41	1,39	2,84	1,24	6,89
PVA	19,89	11,78	7,69	10,70	18,39	1,71	3,71	1,25	6,00
LVd	16,94	12,01	5,54	9,13	14,66	1,42	3,21	1,55	4,79
FONTES									
NH ₄ NO ₃	18,52	12,55	7,10	9,88	16,98	1,48	3,28	1,34	5,91
Ca(NO ₃) ₂	18,48	12,20	7,07	10,16	17,23	1,52	3,29	1,32	5,83
(NH ₄) ₂ SO ₄	18,03	12,27	7,05	10,20	17,26	1,52	3,20	1,37	5,94
DOSES (mg/dm ³ de N)									
0	10,20	6,97	1,50	1,19	2,69	1,49	8,85	0,84	1,18
75	17,23	11,50	5,16	6,32	11,48	1,50	2,76	1,24	4,23
150	21,19	14,31	8,45	11,73	20,18	1,50	1,85	1,42	7,10
225	22,28	15,00	10,37	15,72	26,09	1,51	1,43	1,55	8,68
300	20,81	13,91	9,88	15,45	25,33	1,53	1,38	1,67	8,27

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; RHDC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; RHMSPA – relação entre a altura e matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR – relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade de Dickson; LVA – Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; PVA – Argissolo Vermelho-Amarelo; LVd – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.



Figura 1 - Padrão de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. (parte aérea e sistema radicular) cultivadas no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, aos 125 dias após semeadura, em resposta à aplicação de doses de N (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N) na forma de nitrato de cálcio.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e suas relações estudadas, na produção de mudas de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.), avaliadas aos 125 dias após a semeadura.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO								
		H	DC	MSR	MSPA	MST	RHDC	RHMSPA	RMSPAMSR	IQD
Bloco	2	5,1 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,15 ^{ns}	3,01 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,036 ^{ns}	0,0134 ^{ns}	0,045 ^{ns}
Solo (S)	2	131,5**	36,6*	107,62*	41,99*	278,98*	1,952*	11,504*	1,8165*	66,531*
Fonte (F)	4	4,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,86 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,155 ^{ns}	0,0394 ^{ns}	0,199 ^{ns}
Dose (D)	4	874,9*	386,3*	498,24*	1407,68*	3573,38*	0,010 ^{ns}	363,487*	3,7412*	358,850*
S x F	8	36,8*	14,3*	16,56*	20,86*	71,27*	0,282*	0,695*	0,2079*	14,919*
S x D	8	3,9 ^{ns}	7,7*	19,79*	19,88*	73,36*	0,081*	8,859*	0,3310*	15,377*
F x D	16	5,8*	6,6*	6,75*	11,45*	32,97*	0,140*	0,269*	0,0746*	6,551*
S x F x D	3	10,4*	5,7*	6,48*	8,70*	26,27*	0,112*	0,826*	0,1017*	5,338*
Resíduo	132	2,6	1,0	0,38	0,79	1,50	0,026	0,076	0,0272	0,430
CV%		8,8	8,4	8,7	8,8	7,1	10,7	8,4	12,2	11,1

* ($p \leq 0,05$) e ^{ns} ($p > 0,05$), pelo teste F.

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; RHDC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; RHMSPA – relação entre a altura e a matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR – relação entre a matéria seca da parte aérea e a matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade de Dickson.

Analisando o efeito da interação solo x fonte x dose na H das mudas de cedro, foi observado que as maiores médias foram obtidas no PVA (Tabela 2). Nesse solo, a fonte que apresentou o melhor desempenho na H (Figura 2A) foi o nitrato de cálcio, cuja dose crítica (H = 22,9 cm) foi 108 mg/dm³ de N. Já para as mudas produzidas no LVA, a fonte que propiciou as maiores alturas foi o nitrato de amônio (Figura 3A), sendo estimada uma dose crítica de 120 mg/dm³ de N para obter H de 21,8 cm. E nas mudas cultivadas no LVd, as maiores H foram observadas com a aplicação de nitrato de cálcio e nitrato de amônio (Figura 4A). Nesse solo, para as mudas que receberam a aplicação de nitrato de cálcio, a dose crítica foi 162 mg/dm³ de N, e para a fonte nitrato de amônio, foi 118 mg/dm³ de N. Observa-se que, com a utilização de nitrato de amônio no LVd, aplicou-se 25% a menos de N, e a H estimada foi praticamente a mesma: 19,9 cm para as mudas que receberam nitrato de cálcio e 19,6 cm para nitrato de amônio.

Para o DC, a resposta das mudas à aplicação de doses de N foi semelhante ao observado para a H, ambas de natureza quadrática. Nas mudas produzidas no LVA, a fonte que proporcionou os maiores valores de DC foi o sulfato de amônio (Figura 3B) cuja dose crítica foi 145 mg/dm³ de N. Já nas mudas produzidas no LVd (Figura 4B) e no PVA (Figura 2B), os melhores desempenhos em DC foram obtidos com a aplicação de nitrato de cálcio e sulfato de amônio, respectivamente, sendo estimadas as doses críticas de 126 mg/dm³ de N para o LVd e de 111 mg/dm³ de N para o PVA. Resultados semelhantes foram obtidos por Cruz et al. (2006), que, estudando o efeito da adubação nitrogenada em mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata*) produzidas em Latossolo, observaram que a aplicação de N proporcionou ganhos em crescimento das mudas, tendo a H e o DC apresentado resposta quadrática à aplicação de N.

Quanto à MSPA, foi observada maior produção nas mudas cultivadas no PVA (Tabela 2) e que receberam a aplicação de nitrato de cálcio (Figura 2C), com os maiores valores de MSPA ocorrendo nas maiores doses aplicadas. Este resultado corrobora aqueles obtidos por Marques (2006), que observou em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) maior produção de MSPA nas cultivadas em PVA, porém, em relação à fonte de N aplicada, a amoniacal (sulfato de amônio) obteve superioridade em relação à nítrica. Já

para as mudas produzidas no LVA (Figura 3C) e no LVd (Figura 4C), o efeito da aplicação de doses de N sobre a MSPA foi quadrático, sendo o nível crítico para o LVA de 15,81 g obtido na dose de 224 mg/dm³ de N, e para o LVd de 15,33 g, na dose de 218 mg/dm³ de N, utilizando como fonte o nitrato de amônio e o nitrato de cálcio, respectivamente.

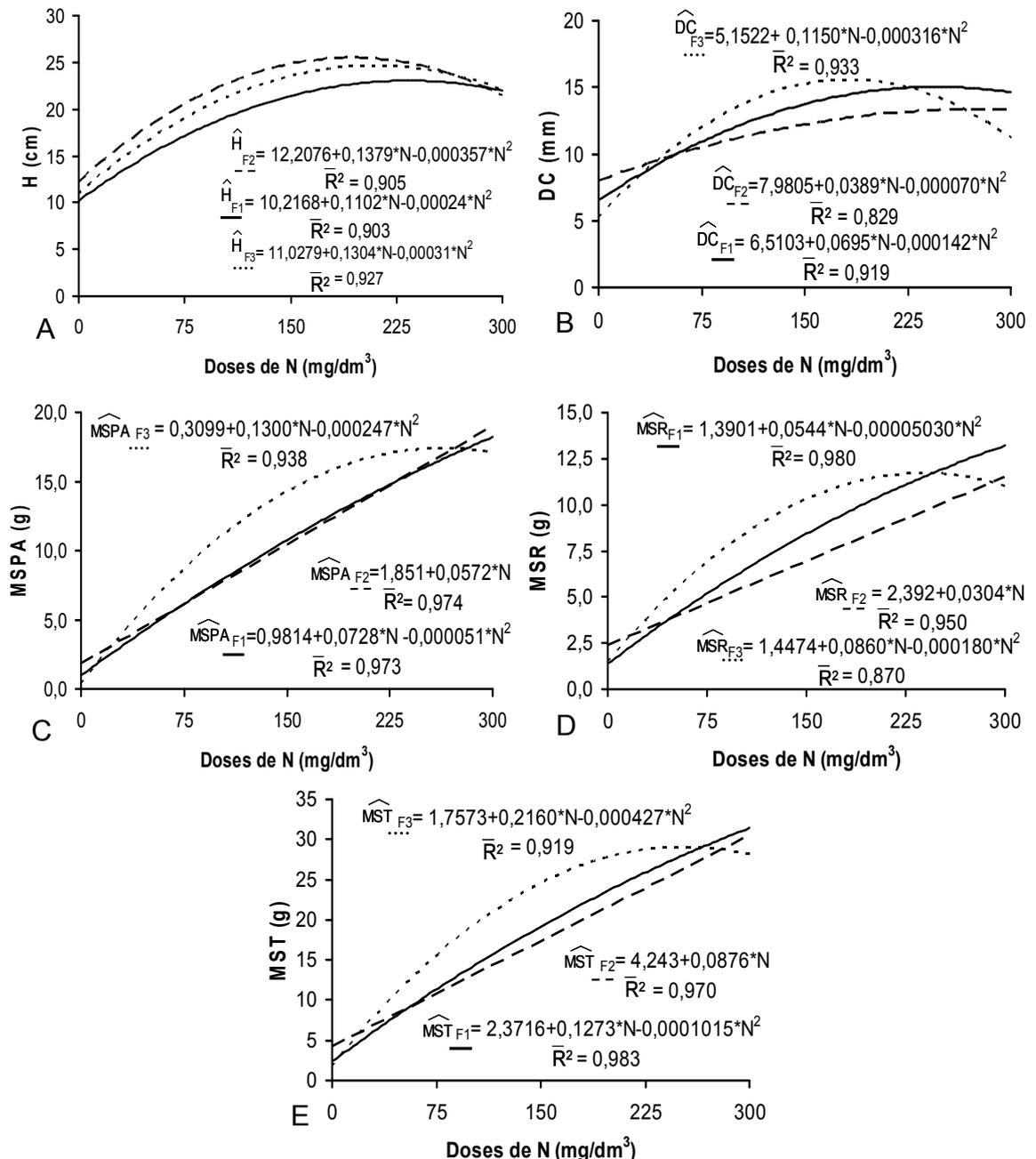


Figura 2 - Altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. aos 125 dias após semeadura, produzidas em Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). * significativo a 1% de probabilidade.

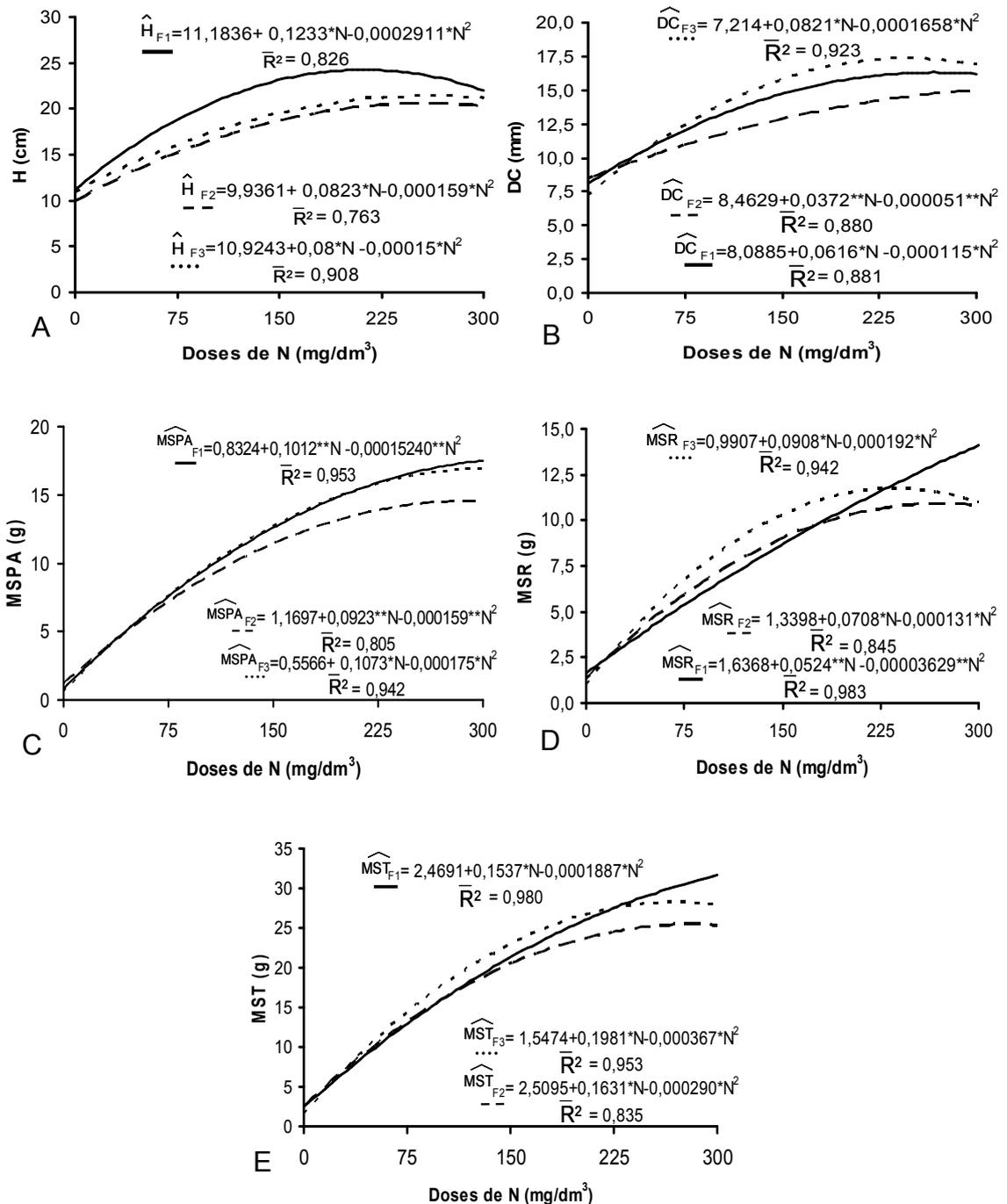


Figura 3 - Altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. aos 125 dias após semeadura, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, ** respectivamente, significativo a 1 e 5% de probabilidade.

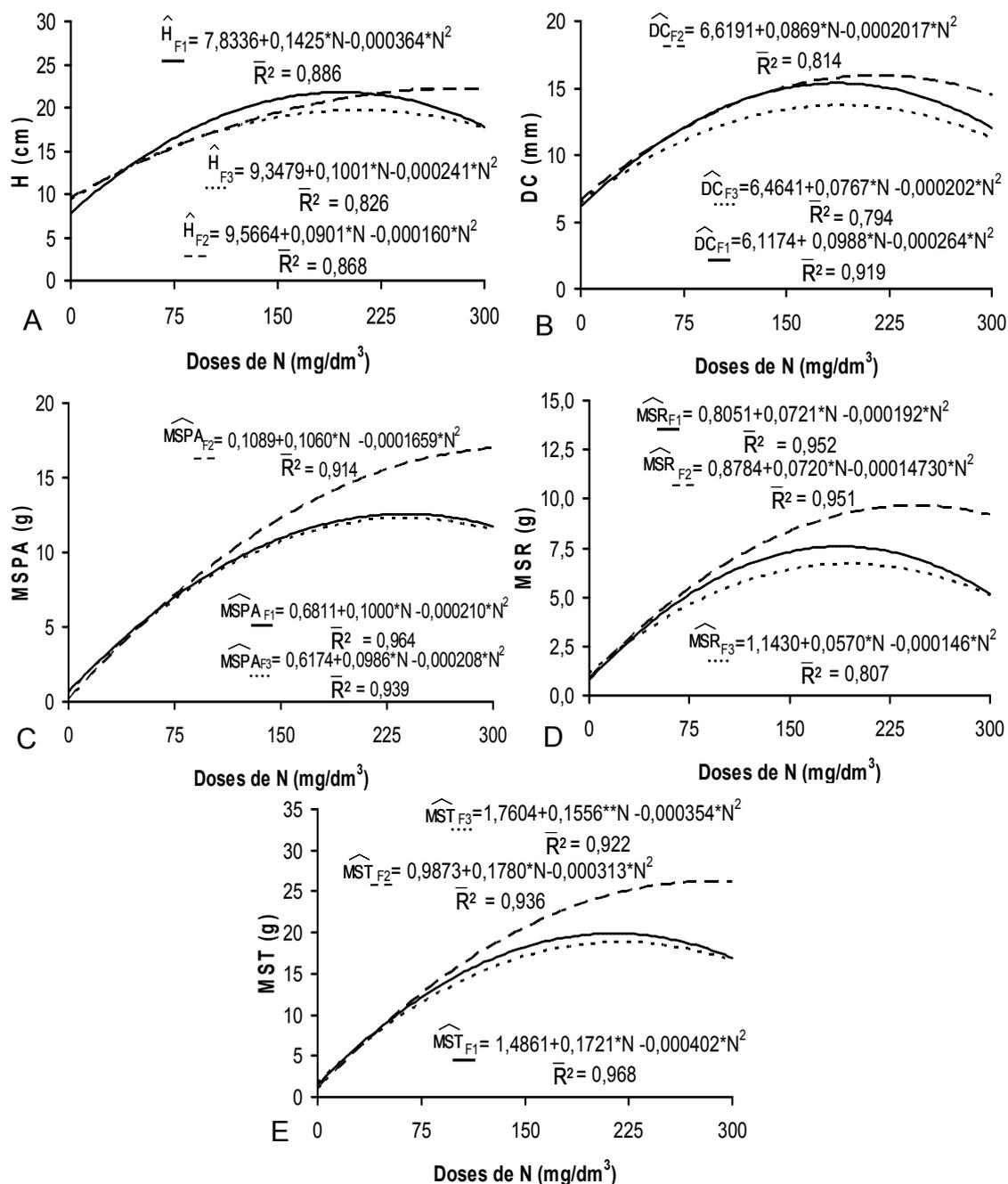


Figura 4 - Altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. aos 125 dias após semeadura, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, ** respectivamente, significativo a 1 e 5% de probabilidade.

A MSPA é uma boa indicação da capacidade de resistência das mudas (CARNEIRO, 1995) e é correlacionado positivamente com a H (GOMES e PAIVA, 2004), como foi constatado no presente estudo, cujos maiores valores

de H e MSPA ocorrem nas mudas cultivadas no PVA com a aplicação de nitrato de cálcio.

A MSR é considerada importante para estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas após o plantio (GOMES, 2001). A habilidade das plantas em absorver água e nutrientes minerais do solo está relacionada à sua capacidade de desenvolver um vigoroso sistema radicular (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Para as mudas de cedro, foi observada maior MSR nas mudas cultivadas no LVA (Figura 3D) e PVA (Figura 2D) (Tabela 2), que receberam a aplicação de N na forma de nitrato de amônio, porém, as doses que proporcionaram 90% da produção máxima foram superiores às testadas. Em relação às mudas produzidas no LVd (Figura 4D), a fonte que apresentou os melhores valores para MSR foi o nitrato de cálcio, cujo nível crítico de 8,70 g foi obtido com a aplicação de 163 mg/dm³ de N. Miranda et al. (1996), estudando o crescimento em H, DC e produção de MSPA e MSR de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*) em relação a diferentes relações de NH₄⁺/NO₃⁻ em solução nutritiva, observaram que todas as características avaliadas foram beneficiadas pelo fornecimento simultâneo de N tanto na forma amoniacal como nítrica.

A maior produção de MST das mudas de cedro foi observada nas mudas produzidas no LVA e PVA (Tabela 2), sendo que os maiores valores, nestes solos, foram obtidos com a aplicação de nitrato de amônio (Figura 3E e 2E). No caso do LVA, a dose crítica estimada foi 273 mg/dm³ de N e para o PVA o nível crítico ocorreu em doses superiores às testadas. Para o LVd, a fonte que proporcionou o maior efeito sobre a MST foi o nitrato de cálcio (Figura 4E), e a dose crítica de 192 mg/dm³ de N. Marques (2004) observou que o nitrato de amônio foi a fonte que proporcionou a maior produção de MST em mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) produzidas em três solos, com maiores valores de MST para aquelas cultivadas no PVA.

A RHDC é conhecida, também, como quociente de robustez e fornece informações de quão delgada está a muda (JOHNSON e CLINE, 1991) e exprime um equilíbrio de crescimento. Quanto menor for seu valor, maior será a capacidade de sobrevivência das mudas após o plantio (CARNEIRO, 1995). Foram observados nas mudas de cedro produzidas no LVA (Figura 5A) e PVA

(Figura 6A) melhores valores deste índice para as que receberam a aplicação de sulfato de amônio. Já para as mudas cultivadas no LVd, a aplicação de doses crescentes de N não apresentou efeito significativo na RHDC (Figura 7A).

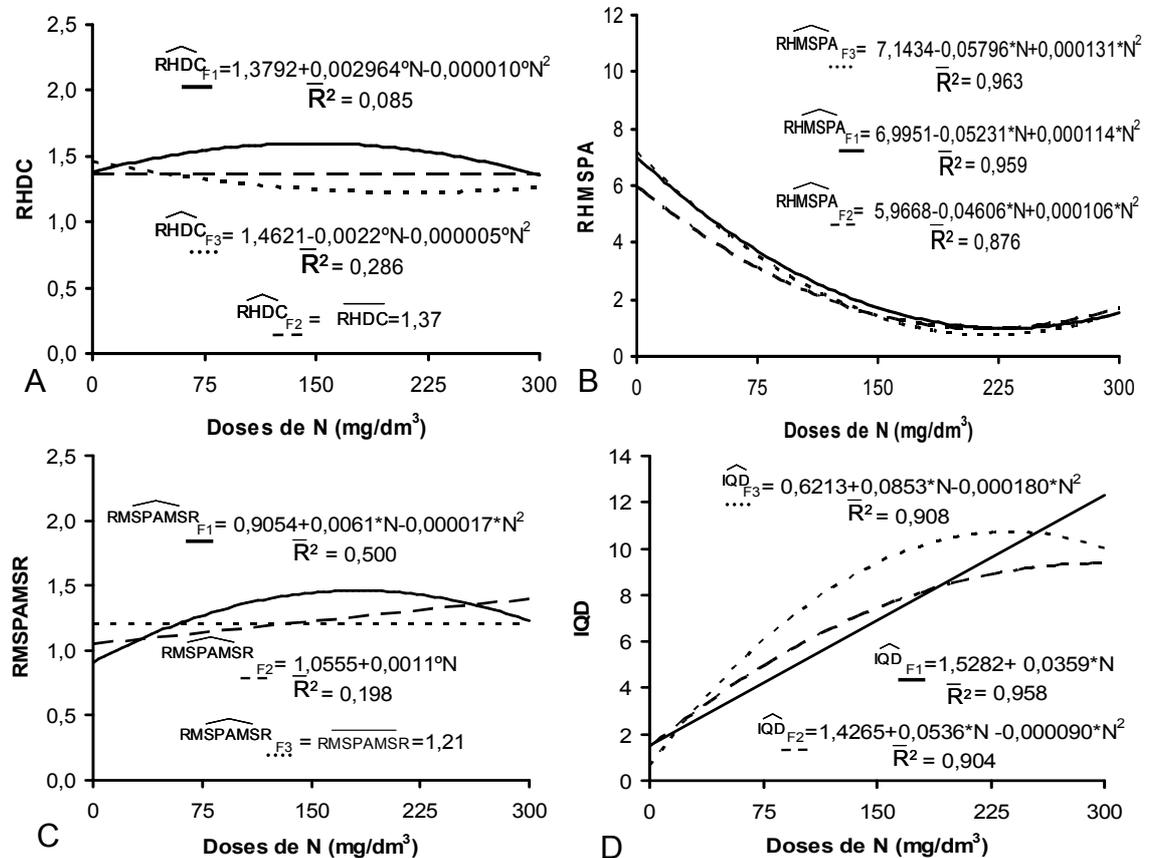


Figura 5 - Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC); relação entre a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA); relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAMSR); índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. aos 125 dias após semeadura, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, ° respectivamente, significativo a 1 e a 10% de probabilidade.

A RHMSPA é considerada por pesquisadores um índice importante para inferir sobre a sobrevivência das mudas após plantio, e quanto menor o valor deste, mais lenhificada é a muda e maior sua capacidade de sobrevivência após o plantio (GOMES e PAIVA, 2004). Nas mudas de cedro, este índice apresentou efeito quadrático nos três solos em resposta à aplicação de doses de N (Figuras 5B; 6B; 7B). Os melhores valores obtidos nas mudas produzidas no LVA (Figura 5B) e PVA (Figura 6B) foram

decorrentes da aplicação de sulfato de amônio. Já no LVd (Figura 7B), foi com a aplicação de nitrato de cálcio.

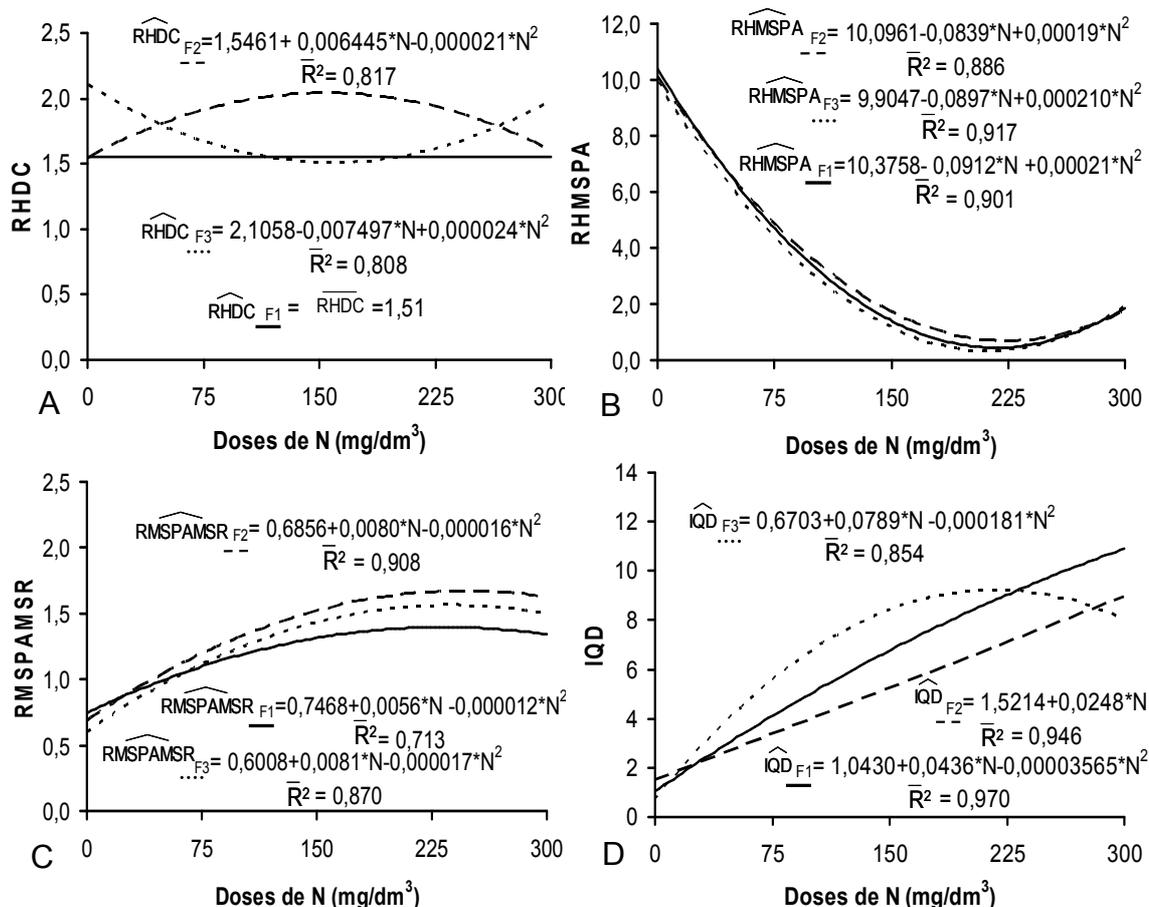


Figura 6 - Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coletor (RHDC); relação entre a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA); relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAMSR); índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. aos 125 dias após semeadura, produzidas em Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). * significativo a 1% de probabilidade.

Para RMSPAMSR, segundo Brissete (1984), citado por Gomes (2001), pesquisadores chegaram a um consenso de que “2,0” é um bom valor para esse índice. Considerando este valor como referência, as mudas de cedro produzidas no LVd (Figura 7C) apresentaram o melhor desempenho (Tabela 2) comparadas às cultivadas nos demais solos. Nesse solo, a fonte de N que proporcionou os maiores valores foi o sulfato de amônio, e suas doses tiveram efeito linear positivo. Já para as mudas produzidas no PVA (Figura

6C) e no LVA (Figura 5C), as fontes com melhor resposta para este índice foram o nitrato de cálcio e o nitrato de amônio, respectivamente.

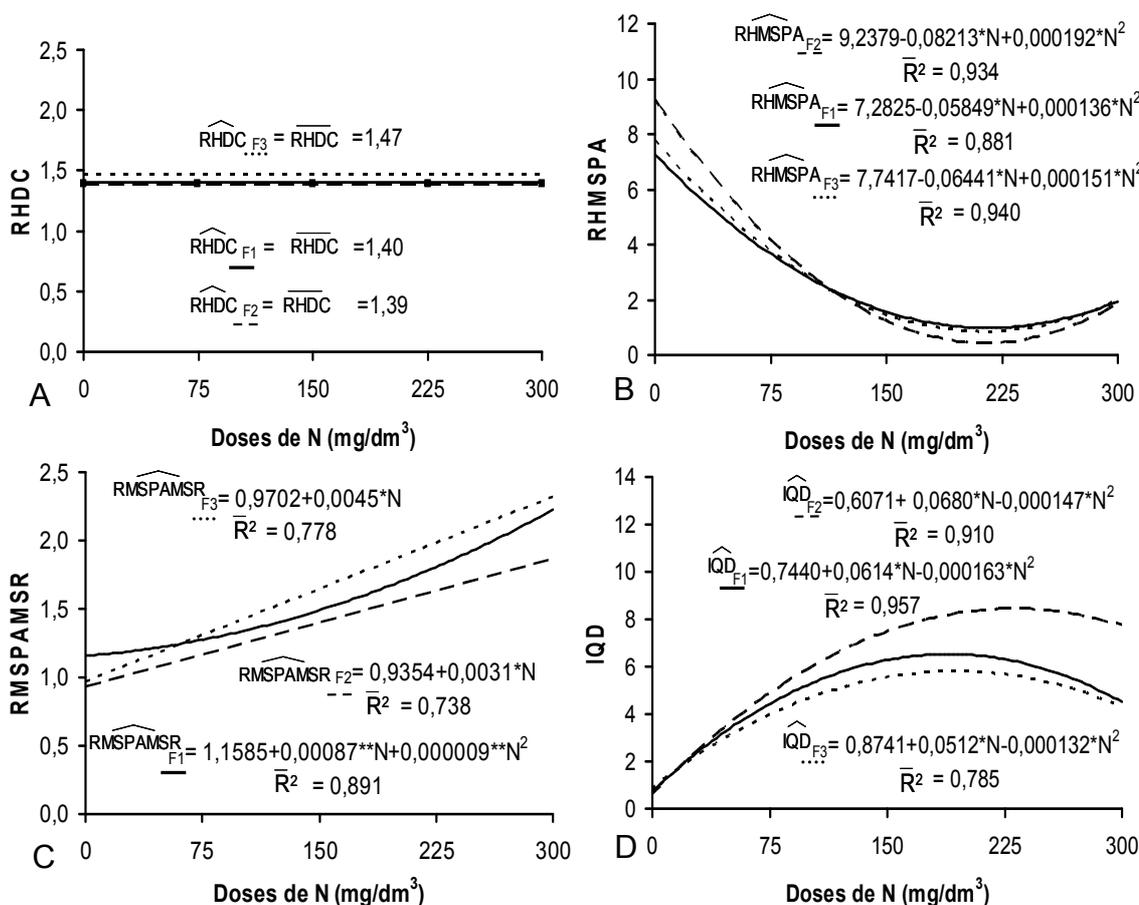


Figura 7 - Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coletor (RHDC); relação entre a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA); relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAMSR); índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. aos 125 dias após semeadura, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, ** respectivamente, significativo a 1 e a 5% de probabilidade.

O efeito quadrático de suas doses possibilitou estimar a dose crítica: de 148 mg/dm³ de N para o PVA e 87 mg/dm³ de N para o LVA. Marques et al. (2009), trabalhando com mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), observaram padrão de qualidade, considerando a RMSPAMSR, também nas mudas produzidas no LVd, cujo índice foi 2,39 com a dose crítica 101 mg/dm³ de N, independentemente da fonte aplicada.

O IQD é mencionado como bom indicador da qualidade de mudas por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da

biomassa da muda, sendo ponderados vários parâmetros importantes, tais como a MST, MSPA, MSR, H, DC (FONSECA et al., 2002). Hunt (1990), citado por Gomes (2001), propôs que um valor mínimo de 0,20 é bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziensis* e *Picea abies*, sendo que quanto maior for o valor para este índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES e PAIVA, 2004). Neste trabalho, foram obtidos, para todos os tratamentos, valores médios superiores ao sugerido (Tabela 2) denotando o padrão de qualidade das mudas. No entanto, o melhor resultado para este índice (12,3) foi observado nas mudas produzidas no LVA (Figura 5D) com aplicação de nitrato de amônio e da maior dose de N testada (300 mg/dm³ de N). Nas mudas cultivadas no PVA (Figura 6D), cuja aplicação da mesma fonte e dose de N proporcionou o índice 10,9, porém a dose crítica ocorreu em doses superiores às testadas. Já para as mudas produzidas no LVd (Figura 7D), a dose crítica foi de 155 mg/dm³ de N com a aplicação de nitrato de cálcio, obtendo-se um índice de 7,62.

O IQD é recomendado por pesquisadores como uma medida promissora para avaliar a qualidade das mudas produzidas. Porém, seu valor absoluto é discrepante entre espécies e até mesmo dentro da mesma espécie, diferenciando-se pelas condições de cultivo. Vidal et al. (2006) observaram que mudas de guaco (*Mikania glomerata*) alcançaram boa qualidade entre 90 a 100 dias após o transplântio das estacas, com valor de IQD de 0,17. Já Oliveira et al. (2008) estudaram o efeito de substratos em mudas de *Cedrela fissilis* Vell. e *Eucalyptus grandis*, produzidas em tubetes de 55 cm³ de capacidade, e apresentaram os valores das variáveis morfológicas, que foram utilizados para o cálculo do IQD para permitir essa comparação. Os maiores valores de IQD gerados a partir do estudo de Oliveira et al. (2008) foram de 0,37 para *Cedrela fissilis* Vell. e 0,08 para o *E. grandis*. Já Gomes (2001), também trabalhando com *E. grandis* em diferentes tamanhos de tubetes, encontrou valores médios de IQD, aos 120 dias após semeadura, de 0,03, 0,14, 0,28 e 0,34, respectivamente, para tubetes de 50, 110, 200 e 280 cm³ de capacidade.

A discrepância entre os melhores valores de IQD encontrados para *Cedrela fissilis* Vell. nesse estudo (12,3) e no trabalho de Oliveira et al. (2008)

(0,37) pode estar associada ao volume de substrato utilizado para a produção das mudas, visto que foram utilizados vasos de 2,2 dm³ e tubetes de 55 cm³, respectivamente, sendo que o volume do recipiente influencia a disponibilidade de água e nutrientes (BOHM, 1979).

4. CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada proporciona ganhos no crescimento e qualidade de mudas de *Cedrela fissilis* Vell..

Melhores crescimento e qualidade das mudas de cedro são obtidos utilizando o LVA e o PVA como substrato, com a aplicação de 300 mg/dm³ de N.

Recomenda-se para a produção de mudas de *Cedrela fissilis* Vell. a aplicação de 300 mg/dm³ de N, parcelada equitativamente aos 25, 50, 75 e 100 dias após a semeadura, utilizando como substrato, preferencialmente, o LVA e PVA, e como fonte de N o nitrato de amônio. Quando utilizar o LVd, aplicar o nitrato de cálcio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARBEDO, C.J.; MARCOS-FILHO, J.; NOVENBRE, A.D.L.C. Condicionamento osmótico e armazenamento de sementes de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 19, n.2, p.354-360, 1997.

BOHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: SpringerVerlag, 1979. 188p.

BROWER, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.10, n.5, p. 399-408, 1962.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG, SBCS, 2007, p. 376-449.

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

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ/ Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.

CRUZ, C.A.F. e; PAIVA, H.N. de; GUERREIRO, C.R.A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 537-546, 2006.

DELQUIQUI, E.M.; MARTINS, S.S.; PINTRO, J.C.; ANDRADE, P.J.P.de; MUNIZ, A.S. Crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 26, n. 3, p. 293-299, 2004.

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

FONSECA, É. de P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, É.; 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-MG, v. 26, n.4, p. 515-523, 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.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N.de. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa-MG: UFV, 2004. 116p.

GONÇALVES, J.L. de M. **Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica**. Piracicaba: IPEF, 1995. 23p. (Documentos Florestais, 15).

JOHNSON, J.D.; CLINE, P.M. Seedling quality of southern pines. In: DUREYA, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (Eds.). **Forest regeneration manual**, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991, p. 143-162.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 368p.

MARQUES, T.C.L.L.S.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo contaminado com metais pesados. In:

SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais ...** Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.429-436.

MARQUES, L.S. **Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solo e fontes de nitrogênio.** 2006, 118 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

MARQUES, L.S.; PAIVA, H.N. de; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; SOUZA, P.H. de. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J. F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.81-92, 2009

MARTINS, L.; LAGO, A.A. do; Conservação de sementes de *Cedrela fissilis*: Teor de água da semente e temperatura do ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n.1, p.161-167, 2008.

MIRANDA, J.R.P.; FREIRE, A.L.O.; SOUTO, J.S.; ARAUJO, G.T.; ROLIM JR, S.S.; MOURA, O.N. Resposta da aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) a diferentes relações $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996, Manaus, AM. **Resumos...** Manaus: SBCS, 1996. p. 270-271, 693p.

NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa-MG: Editora Folha de Viçosa, cap. 3, 1990, p. 99-126.

OLIVEIRA, R.B. de, LIMA, J.S. de S.; SOUZA, C.A.M. de; SILVA, S. de A.; MARTINS FILHO, S. Produção de mudas de essências florestais em diferentes substratos e acompanhamento do desenvolvimento em campo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 122-128, 2008

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

SILVA, M.A.G.; MUNIZ, A.S. Exigências nutricionais de mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Velloso) em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.19, n.3, p.415-425, 1995.

SOUZA, S.R. ; FERNANDES, M.S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.) **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p. 215-252.

STATSOFT INC. **Statistica data analysis system version 8.0**. Tulsa: Statsoft Inc., 2008

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

VIDAL, L.H.I.; SOUZA, J.R.P. de; FONSECA, É. de P.; BORDIN, I. Qualidade de mudas de guaco produzidas por estaquia em casca de arroz carbonizada com vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, n. 24, p. 26-30, 2006.

WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 52, p. 659-688, 2001.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO E QUALIDADE DE MUDAS DE CANUDO-DE-PITO (*Mabea fistulifera* Mart.) EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS, FONTES E DOSES DE NITROGÊNIO

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento e qualidade de mudas de canudo-de-pito produzidas em diferentes tipos de solos. O experimento foi instalado em blocos casualizados, dispostos no esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes de N, aplicadas como solução na forma de nitrato de amônio, sulfato de amônio e nitrato de cálcio, em cinco doses (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N), em três solos, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico - LVA, Argissolo Vermelho-Amarelo - PVA e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico - LVd, com quatro repetições. Aos 125 dias após o raleio, foram avaliados as características morfológicas e os índices de qualidade das mudas. A aplicação de fertilizantes nitrogenados resultou em ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas. Foi observado efeito significativo da interação solo x fonte x dose sobre todas as características avaliadas, exceto para diâmetro do coleto. Os melhores crescimento e qualidade das mudas foram obtidos nas mudas cultivadas no LVA, com aplicação de 180 mg/dm³ de N. Desse modo, recomenda-se, para a produção de mudas de *Mabea fistulifera* Mart, uma dose de 180 mg/dm³ de N, parceladas equitativamente, usando como fonte o sulfato de amônio e preferencialmente o LVA como substrato.

Palavras-chave: Fertilização, adubação nitrogenada, Euphorbiaceae

CHAPTER 3

PRODUCTION AND QUALITY OF CANUDO-DE-PITO (*Mabea fistulifera* Mart.) SEEDLINGS IN DIFFERENT SOILS TYPES, SOURCES AND DOSES OF NITROGEN

ABSTRACT: The purpose of this study was to evaluate the effect of sources and nitrogen doses on growth and seedling quality of canudo-de-pito produced in different soils types. The experiment was installed in randomized blocks, arranged in a factorial (3 x 5 x 3), corresponding to three sources of N, applied as a solution under the form of ammonium nitrate, ammonium sulphate, and calcium nitrate and five doses (0, 75 , 150, 225, and 300 mg/dm³ N) and three soils, alic Red Yellow Latosol (LVA), Red Yellow Argisol (PVA), and Distrofic Red Yellow Latosol (LVd), with four replications. At 125 days after thinning, the morphological characteristics and indexes of quality seedlings were evaluated. The application of nitrogenous fertilizers resulted in significant gains in growth and quality of seedlings. A significant interaction soil x source x dose on all traits except for stem diameter was observed. The best growth and quality of seedlings obtained were planted in the LVA, with application of 180 mg/dm³ of N. Thus, it is recommended for seedling production of *Mabea fistulifera* Mart, dose of 180 mg/dm³ of N, divided equally, using as source the ammonium sulphate and preferably the LVA as substrate.

Key words: Fertilization, nitrogen fertilization, Euphorbiaceae

1. INTRODUÇÃO

Para a produção de mudas de qualidade, além de um bom substrato, recomenda-se a utilização de fertilizantes em doses e fontes adequadas com a necessidade das plantas.

O nitrogênio é um nutriente empregado em grandes quantidades na agricultura moderna na forma de fertilizantes. Para a maior parte das culturas, é o nutriente mais caro (CANTARELLA, 2007). Sendo assim, torna-se de suma importância a otimização de seu uso de acordo com a demanda da planta.

A resposta da planta à adubação nitrogenada pode variar de acordo com o sítio, a espécie, a dose e a fonte de nitrogênio (MARQUES et al., 2006). Renó et al. (1997), estudando os requerimentos e as limitações nutricionais ao crescimento de mudas de canafístula (*Senna multijuga*), cedro (*Cedrela fissilis* Vell.), pau-ferro (*Caesalpineia ferrea*) e jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), em Latossolo Vermelho-Amarelo, observaram que a condição de não adição de N resultou em menor crescimento das espécies estudadas, evidenciando a exigência de cada uma e as limitações do solo em fornecer esse nutriente. Já o crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril*), cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, não foi afetado pela omissão de adubação nitrogenada (DUBOC et al., 1996).

As plantas diferem na sua preferência por absorver o nitrogênio (N) como NH_4^+ e/ou NO_3^- , que são as formas mais comuns encontradas na solução do solo. Em comparação com o suprimento de nitrato, a utilização de NH_4^+ pode oferecer vantagens energéticas (RAVEN et al., 1992). Embora constatada por vários trabalhos a preferência de espécies arbóreas pela absorção de N-NH_4^+ , Stewart et al. (1988), citados por Furtini Neto et al. (2000), afirmam que espécies arbóreas pioneiras têm preferência por N-NO_3^- .

O canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart.) é uma espécie arbórea considerada pioneira, nativa da Mata Atlântica, pertencente à família Euphorbiaceae. Árvores dessa espécie normalmente são encontradas agregadas em bordas de mata e em locais com impacto antrópico acentuado (LORENZI, 2000). É uma planta adaptada a solos de baixa fertilidade e acidez elevada, sendo por isso muito utilizada em recuperação de áreas degradadas

(PEREIRA, 2007). O papel exercido por *M. fistulifera* no ecossistema é relevante, suas flores e frutos são apreciados por animais e insetos que os utilizam como alimento durante a estação seca, período em que outros itens alimentares podem ser escassos (VIEIRA, 1991). É uma espécie com potencial de utilização para a produção de biodiesel a partir de suas sementes, cujo rendimento é de 40%, comparado ao rendimento obtido com a mamona, de 35 a 55% (REIS et al., 2005). Portanto, o canudo-de-pito é uma espécie com grande potencial de utilização, porém, não foram encontrados trabalhos sobre a fertilização de suas mudas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de canudo-de-pito em resposta a fontes e doses de nitrogênio, cultivadas em solos predominantes na região da Zona da Mata de Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Viveiro de Pesquisas Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, no período de novembro de 2007 a abril de 2008. As sementes de *Mabea fistulifera* Mart. foram obtidas no Setor de Silvicultura da UFV.

O substrato utilizado para produção das mudas foi terra de subsolo retirada da camada abaixo de 20 cm de profundidade na região de Viçosa, do perfil de três tipos de solo, Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA) e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd), que foram caracterizados quimicamente (Tabela 1) no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos da UFV.

Os solos foram secos ao ar, peneirados em malha de 4 mm de diâmetro e efetuada a correção da acidez, utilizando uma mistura de CaCO_3 e MgCO_3 , na relação estequiométrica de 4:1. De posse dos resultados da análise química dos solos, foi calculada a necessidade de calagem, segundo o Método de Saturação por Bases, pela seguinte fórmula: $\text{NC (t/ha)} = (V_2 - V_1) \cdot T / 100$. Em que: NC = necessidade de calagem, em toneladas por hectare; V_2 = porcentagem de saturação por bases desejada (no caso, 60%); V_1 =

porcentagem de saturação por bases do solo conforme análise; e T= capacidade de troca catiônica, a pH 7,0.

Tabela 1 – Análise química das amostras de solos utilizados na produção de mudas de *Mabea fistulifera* Mart., realizadas antes da aplicação dos tratamentos. LVA - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; PVA - Argissolo Vermelho-Amarelo; LVd – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Solo	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(T)	V	m	MO
	(H ₂ O)	(mg/dm ³)		(cmolc/dm ³)						(%)		dag/kg
LVA	4,73	0,90	10	0,14	0,03	1,20	5,30	0,20	5,50	3,6	85,7	1,66
PVA	5,64	1,50	16	1,74	0,17	0,00	3,00	1,95	4,95	39,4	0,0	-
LVd	5,40	2,50	26	0,17	0,09	0,00	2,00	0,33	2,33	14,2	0,0	-

pH em água, relação 1:2,5.

P e K – Extrator Mehlich 1.

Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ - Extrator: KCl 1 mol/L.

H+Al –extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L– pH 7,0

MO – Matéria orgânica=C.org. x 1,724

T– Capacidade de troca catiônica (pH 7,0)

SB– Soma de bases trocáveis

V– Índice de Saturação por bases

m– Saturação por alumínio

Após incorporação do corretivo, seguiu-se incubação por 30 dias, com umidade mantida em torno da capacidade de campo. Posteriormente, os solos receberam adubação básica de macronutrientes via solução, nas doses de 300 mg/dm³ de P, 100 mg/dm³ de K e 40 mg/dm³ de S, tendo como fontes KH₂PO₄, NaH₂PO₄.H₂O e K₂SO₄ como sugerido por Passos (1994). E uma solução de micronutrientes, nas doses de 0,81 mg/dm³ (H₃BO₃) de B, 1,33 mg/dm³ de Cu (CuSO₄.5H₂O), 0,15 mg/dm³ de Mo [(NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O], 3,66 mg/dm³ de Mn (MnCl₂.H₂O) e 4,0 mg/dm³ de Zn (ZnSO₄.7H₂O) (ALVAREZ V. et al., 2006). Os solos foram acondicionados em sacolas plásticas de polietileno com capacidade de 0,6 dm³ e organizadas em canteiros a pleno sol.

A semeadura foi realizada diretamente nos recipientes. Após a germinação, foi realizado um raleio, deixando apenas uma muda por embalagem.

Os tratamentos foram constituídos por três fontes de nitrogênio, aplicadas como solução, na forma de nitrato de amônio [NH₄NO₃], sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e nitrato de cálcio [Ca (NO₃)₂.4H₂O], e cinco doses (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³ de N), aplicadas em quatro porções iguais, aos 25, 50, 75 e 100 dias após o raleio.

A unidade experimental foi constituída por nove recipientes, cada um contendo uma muda. O experimento foi instalado em blocos casualizados,

dispostos no esquema fatorial (3 x 5 x 3), correspondendo a três fontes e cinco doses de nitrogênio e três tipos de solos, com quatro repetições, num total de 1620 mudas.

Aos 125 dias após o raleio, foram medidos a altura da parte aérea (H) e o diâmetro do coleto (DC) das plantas. O DC foi medido com paquímetro digital, e a H mensurada com auxílio de uma régua milimetrada posicionada em nível do substrato até o meristema apical da muda. O material vegetal foi dividido em parte aérea (folha e caule) e raiz, sendo o sistema radicular separado do solo por meio de lavagem com água, com auxílio de peneira de malha fina. Em seguida, o material foi acondicionado em sacos de papel pardo e levados para estufa com circulação forçada de ar, a 60° C, até atingir massa constante, sendo então pesado em balança de precisão para as determinações das seguintes características: matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) e matéria seca total (MST).

De posse dos valores de H, DC, MSPA, MSR e MST, foram calculadas as relações entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC), altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA), matéria seca da parte aérea e matéria seca das raízes (RMSPAMSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), calculado pela fórmula:
$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{[(H_{(cm)}/DC_{(mm)})+(MSPA_{(g)} / MSR_{(g)})]}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, realizadas utilizando o software STATISTIC 8.0 (STATSOFT INC., 2008). Na escolha das equações de regressão, foram considerados o coeficiente de determinação ajustado (\bar{R}^2), a significância dos coeficientes e o significado biológico dos modelos. A partir das equações ajustadas, foram estimadas as doses de N para a obtenção de 90 % da produção máxima. A escolha da dose recomendada foi baseada na MST.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento e a qualidade de mudas de canudo-de-pito foram afetados pela adubação nitrogenada (Tabela 2 e Figura 1). As mudas produzidas sem a aplicação de N (Dose 0 mg/dm³ de N) apresentaram média

de H 48% inferior à média obtida (45,1 cm) no melhor tratamento (Dose 225 mg/dm³ de N).

Tabela 2 – Características morfológicas de mudas de *Mabea fistulifera* Vell., cultivadas em três solos, três fontes e cinco doses de N, avaliadas aos 125 dias após o raleio.

MÉDIAS									
SOLOS	H	DC	MSR	MSPA	MST	RHDC	RHMSPA	RMSPAMSR	IQD
	cm	mm	g	g	g	-	-	-	-
LVA	40,35	3,31	0,75	1,92	2,67	12,08	26,08	2,48	0,18
PVA	36,90	3,34	0,70	1,98	2,68	11,04	24,62	2,70	0,19
LVd	37,32	3,29	0,71	2,05	2,75	11,29	24,28	2,75	0,19
FONTES									
NH ₄ NO ₃	40,56	3,49	0,80	2,23	3,03	11,54	23,85	2,64	0,21
Ca(NO ₃) ₂	33,75	3,02	0,51	1,42	1,93	11,21	28,08	2,70	0,14
(NH ₄) ₂ SO ₄	40,25	3,43	0,84	2,30	3,14	11,66	23,05	2,59	0,21
DOSES									
(mg/dm ³ de N)									
0	23,65	2,32	0,34	0,54	0,87	10,24	44,72	1,69	0,07
75	35,71	3,04	0,57	1,40	1,97	11,75	26,82	2,52	0,14
150	41,79	3,56	0,82	2,17	2,99	11,77	20,17	2,66	0,21
225	45,18	3,82	0,94	2,89	3,83	11,83	16,66	3,14	0,26
300	44,60	3,81	0,92	2,92	3,84	11,75	16,59	3,22	0,26

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; RHDC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; RHMSPA – relação entre a altura e a matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR – relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade de Dickson. LVA – Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; PVA – Argissolo Vermelho-Amarelo; LVd – Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Com base nos resultados da análise de variância, foi observado efeito significativo, pelo teste F ($p \leq 0,05$), da interação solo x fonte x dose sobre todas as características e índices analisados (Tabela 3), com exceção do diâmetro do coleto.

Para a H, os maiores valores foram observados nas mudas produzidas no LVA (Tabela 2), sendo o sulfato de amônio a fonte que proporcionou os melhores resultados para as mudas cultivadas nesse solo (Figura 2A). O efeito quadrático de suas doses possibilitou estimar a dose crítica, sendo esta de 113 mg/dm³, que permite obter H de 47,31 cm. Nas mudas produzidas no LVd, os maiores valores foram obtidos com a aplicação de nitrato de amônio (Figura 3A), e a dose crítica estimada foi de 148 mg/dm³ de N. Já para as mudas cultivadas no PVA (Figura 4A), os maiores valores de H foram obtidos com a aplicação de sulfato de amônio, e a dose crítica foi estimada em 128

mg/dm³ de N. Este resultado corrobora o observado por Marques (2006) em mudas de bico-de-pato (*Machaerium nictitans*), cujas melhores médias de H foram obtidas nas mudas produzidas em Latossolo, porém com a aplicação de nitrato de cálcio e sulfato de amônio. Para mudas de *Eucalyptus grandis* cultivadas também em Latossolo, Locatelli et al. (1984) observaram maior média em H com a aplicação de nitrato de amônio.

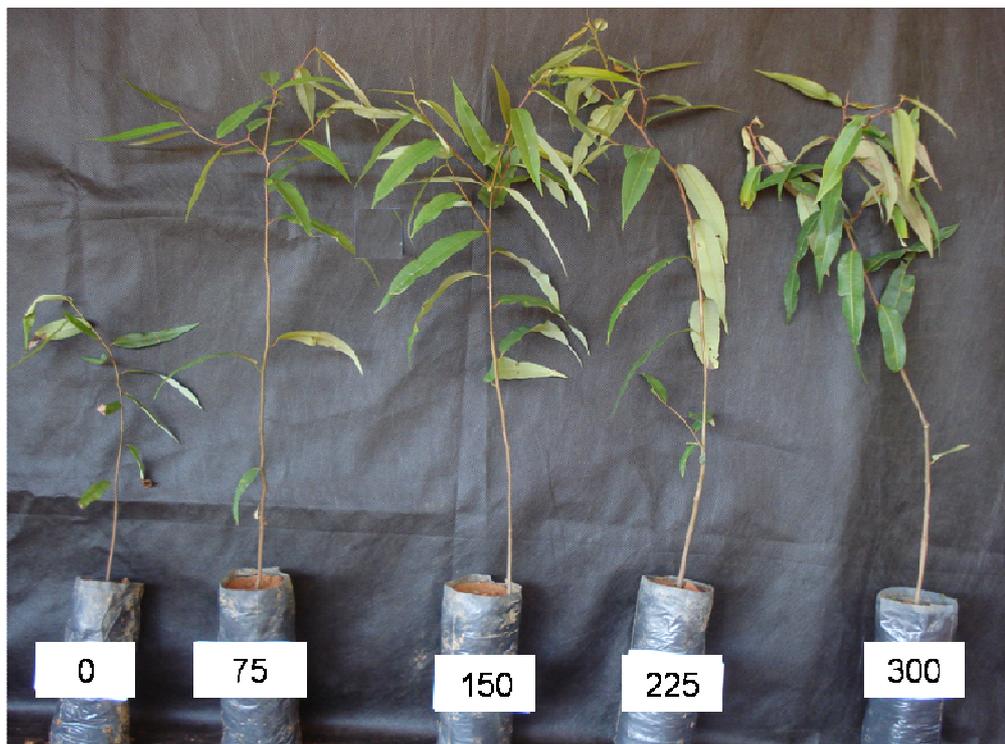


Figura 1 – Padrão de mudas de *Mabea fistulifera* Vell. aos 125 dias após o raleio, em resposta à aplicação de doses de N (0, 75, 150, 225 e 300 mg/dm³), fonte sulfato de amônio, utilizando o Latossolo Vermelho-Amarelo Álico como substrato.

O DC de mudas é considerado um dos melhores indicadores de qualidade de mudas (MOREIRA e MOREIRA, 1996). Quanto maior seu valor, melhor a sobrevivência e crescimento após o plantio (GOMES e PAIVA, 2004). Em relação ao DC das mudas de canudo-de-pito, os maiores valores foram obtidos nas mudas produzidas no LVd e LVA. Nesses solos, a fonte que proporcionou os melhores resultados em DC foi o nitrato de amônio (Figura 3B e 2B), e o efeito quadrático das doses permitiu estimar a dose crítica: de 178 mg/dm³ de N para o LVd e 121 mg/dm³ de N para o LVA, obtendo DC de 4,04 e 3,66 mm, respectivamente. Para o DC das mudas culti-

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das características morfológicas e suas relações estudadas, na produção de mudas de *Mabea fistulifera* Vell., avaliadas aos 125 dias após o raleio.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO								
		H	DC	MSR	MSPA	MST	RHDC	RHMSPA	RMSPAMSR	IQD
Bloco	3	21,2 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,054*	0,394*	0,759*	1,14 ^{ns}	14,9 ^{ns}	0,050 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Solo (S)	2	213,1*	0,04 ^{ns}	0,048*	0,256 ^{ns}	0,119 ^{ns}	17,53*	54,6*	1,234*	0,003*
Fonte (F)	2	886,2*	3,9*	1,880*	14,284*	26,723*	3,16*	437,8*	0,190 ^{ns}	0,106*
Dose (D)	4	2884,2*	14,6*	2,401*	37,507*	58,809*	16,97*	5002,0*	13,587*	0,228*
S x F	4	31,6*	0,6*	0,253*	1,292*	2,642*	1,73 ^{ns}	84,4*	0,261 ^{ns}	0,017*
S x D	8	22,9*	0,1 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,153 ^{ns}	0,210 ^{ns}	2,59*	106,4*	0,281 ^{ns}	0,002*
F x D	8	70,2*	0,2*	0,141*	1,654*	2,710*	1,75*	57,9*	0,212 ^{ns}	0,010*
S x F x D	16	34,3*	0,1 ^{ns}	0,066*	0,560*	0,928*	1,57*	35,7*	0,278*	0,005*
Resíduo	132	9,3	0,08	0,014	0,093	0,152	0,85	6,3	0,147	0,001
CV%		8,0	8,5	16,5	15,3	14,4	8,0	10,0	14,5	16,9

* ($p \leq 0,05$) e ^{ns} ($p > 0,05$), pelo teste F.

H – altura da parte aérea; DC – diâmetro do coleto; MSPA – matéria seca da parte aérea; MSR – matéria seca da raiz; MST – matéria seca total; RHDC – relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; RHMSPA – relação entre a altura e a matéria seca da parte aérea; RMSPAMSR – relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz; IQD – índice de qualidade de Dickson.

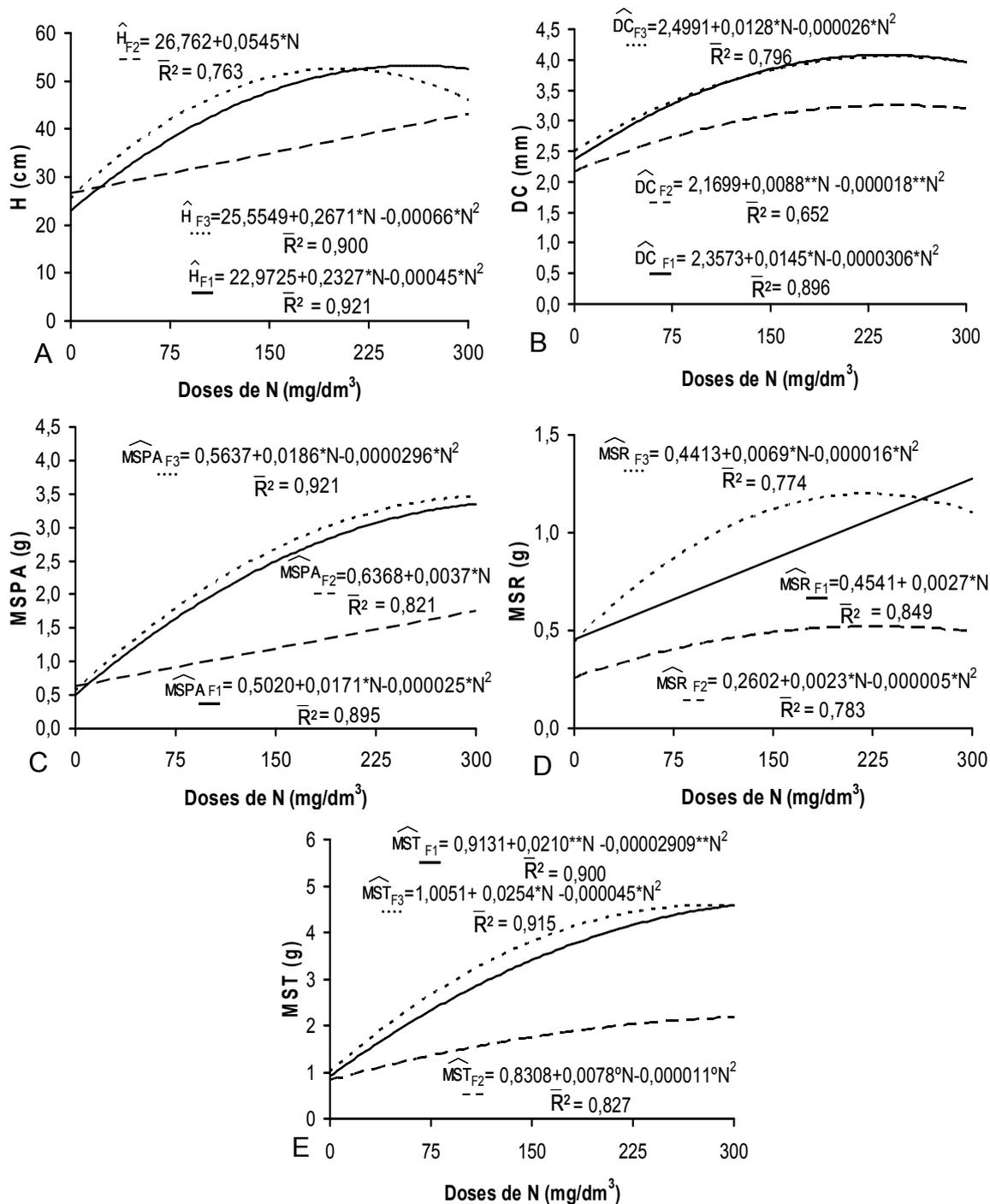


Figura 2 - Altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) de mudas de *Mabea fistulifera* Vell. aos 125 dias após raleio, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, **, ° respectivamente, significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade.

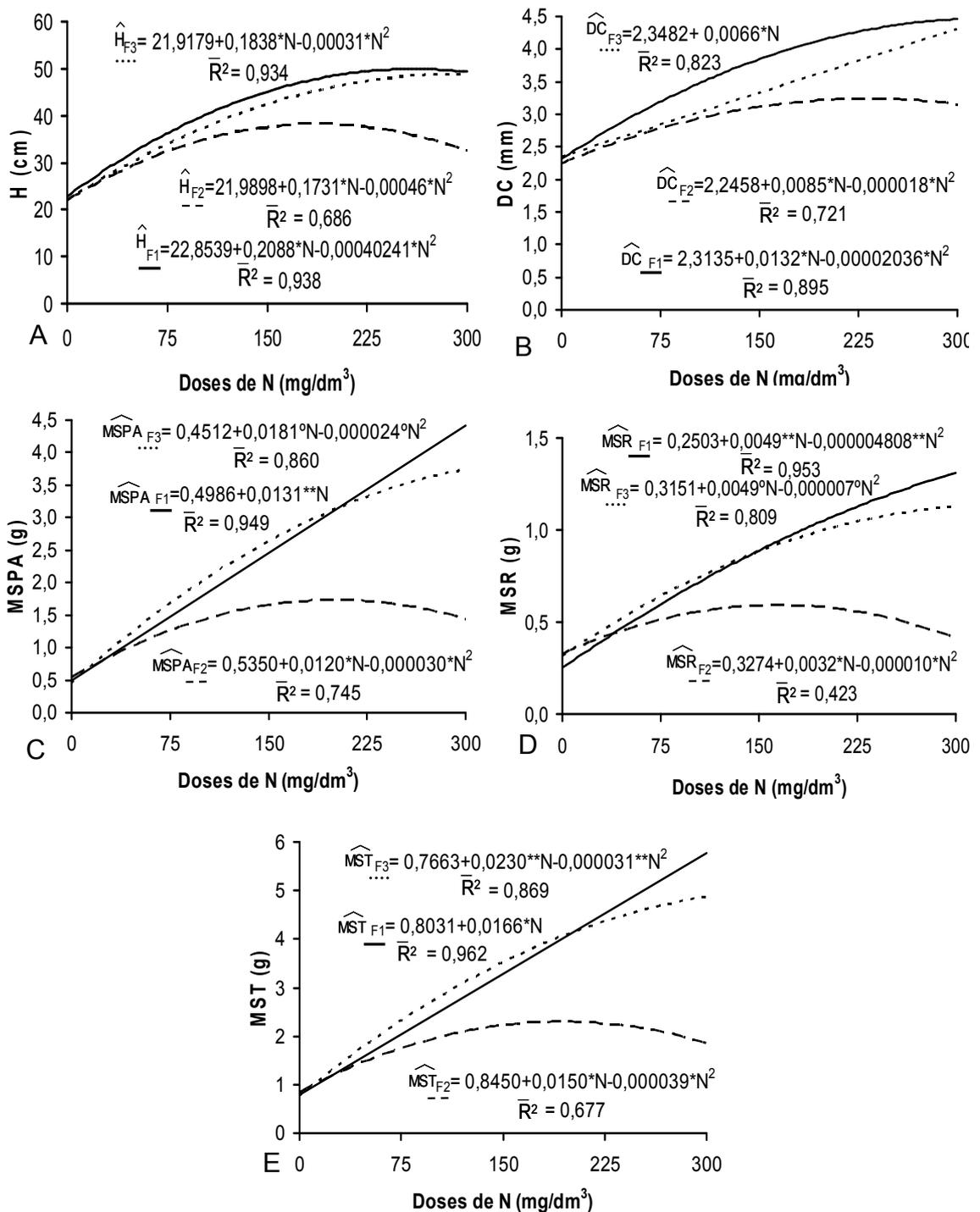


Figura 3 - Altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) de mudas de *Mabea fistulifera* Vell. aos 125 dias após raleio, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, **, ° respectivamente, significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade.

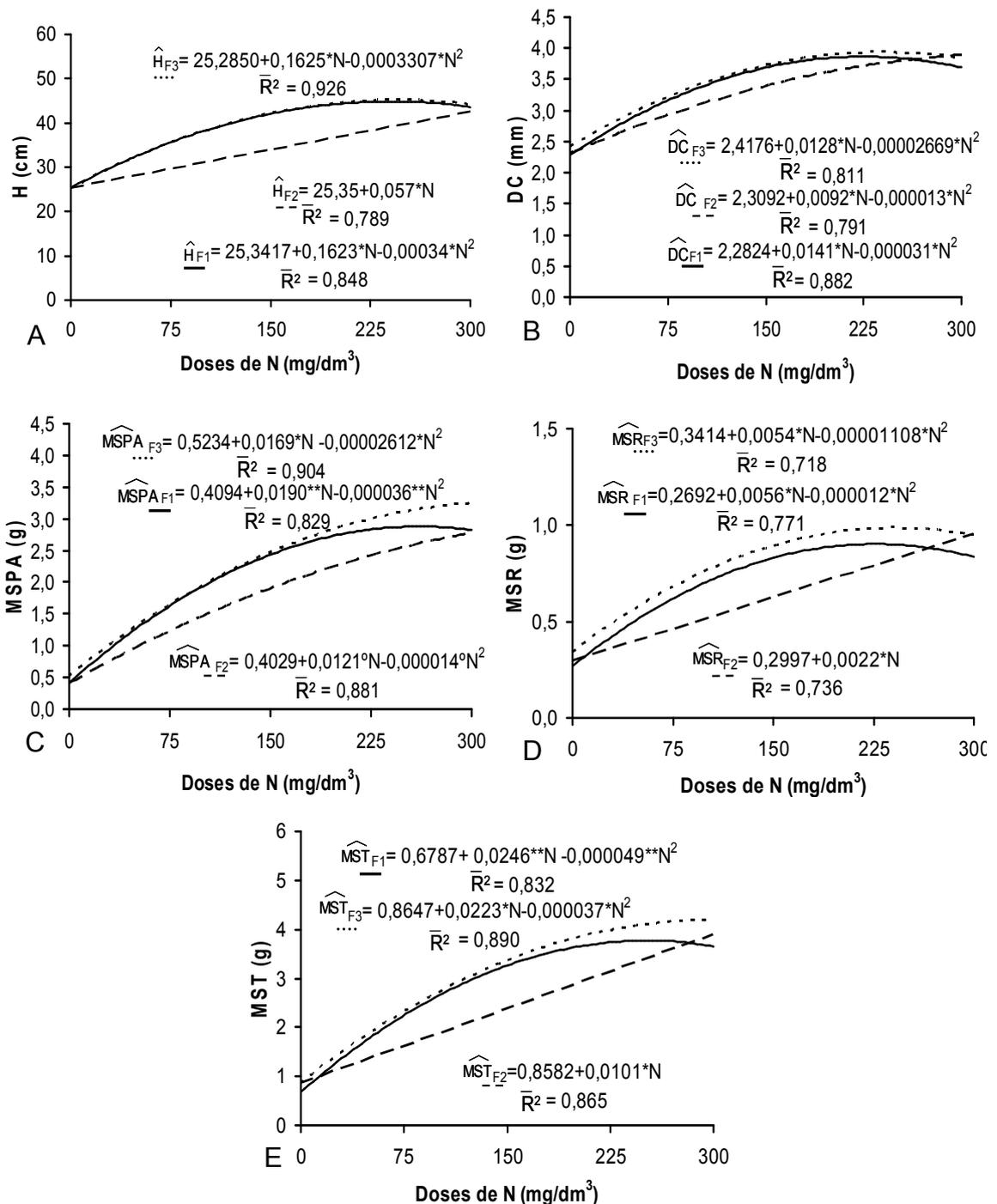


Figura 4 - Altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); matéria seca da parte aérea (MSPA); matéria seca da raiz (MSR); matéria seca total (MST) de mudas de *Mabea fistulifera* Vell. aos 125 dias após raleio, produzidas em Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, **, ° respectivamente, significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade.

-vadas no PVA (Figura 4B), o melhor desempenho foi observado nas mudas que receberam a aplicação de sulfato de amônio, e a dose crítica estimada foi de 118 mg/dm³ de N, proporcionando DC de 3,56 mm.

Aumento no crescimento em H e DC decorrente da aplicação de doses crescentes de N também foi observado por Marques (2004) em mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra*), para as quais as doses que permitiram a obtenção de 90% da máxima produção em H e DC foram, respectivamente, de 85 mg/dm³ de N para o LVd e 64 mg/dm³ de N para o PVA, independentemente da fonte. Binotto (2007), estudando a relação entre as variáveis de crescimento e a qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii*, verificou que a H combinada com o DC constitui um dos importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio no campo.

Para a produção de MSPA, as mudas de canudo-de-pito produzidas no LVd apresentaram valores superiores aos obtidos nos demais solos (Tabela 2). Nesse solo, o nitrato de amônio (Figura 3C) foi a fonte que proporcionou os maiores valores de MSPA, cujo efeito foi linear positivo. Já nas mudas produzidas no LVA e no PVA, o sulfato de amônio foi a fonte que possibilitou os maiores valores de MSPA (Figura 2C e 4C), sendo a dose crítica no LVA de 206 mg/dm³ de N e no PVA de 211 mg/dm³ de N, obtendo 3,14 e 2,93 g de MSPA, respectivamente.

Em relação à MSR, nas mudas produzidas no LVA, a fonte que proporcionou os melhores valores foi o nitrato de amônio (Figura 2D), sendo o efeito de suas doses linear positivo. O nitrato de amônio também proporcionou valores de MSR superiores às demais fontes nas mudas cultivadas no LVd (Figura 3D), porém, as doses que proporcionaram 90% da produção máxima ocorreram em doses superiores às testadas. Já nas mudas produzidas no PVA (Figura 4D), a fonte que proporcionou maior MSR foi o sulfato de amônio, sendo a dose crítica estimada em 148 mg/dm³ de N. Em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*), Marques (2006) observou que as maiores médias de produção de MSR foram obtidas com a aplicação de nitrato de amônio e sulfato de amônio, não diferindo entre si.

As mudas cultivadas no LVd apresentaram maior produção de MST comparados aos demais solos (Tabela 2), sendo o nitrato de amônio a fonte que proporcionou os maiores valores (Figura 3E), observados nas maiores doses testadas. Já para as mudas cultivadas no LVA (Figura 2E) e no PVA (Figura 4E), a maior produção de MST foi observada nas mudas que

receberam aplicação de sulfato de amônio, cuja dose crítica para o LVA foi de 181 mg/dm³ de N e para o PVA, de 192 mg/dm³ de N, obtendo 4,14 e 3,79 g de MST, respectivamente. Marques (2004), trabalhando com mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.), observou que o sulfato de amônio proporcionou a maior produção de MST em mudas cultivadas em Latossolo, Cambissolo e Argissolo.

A RHDC é um bom indicador de qualidade de mudas (MOREIRA e MOREIRA, 1996) e quanto menor for o valor deste índice, maior é a capacidade de as mudas se estabelecerem após o plantio (CARNEIRO, 1995). Os menores valores para este índice foram observados nas mudas produzidas no PVA (Tabela 2), sendo que, nesse solo, as doses de N aplicadas não influenciaram significativamente a RHDC (Figura 5A). Já para as mudas cultivadas no LVA e no LVd, a condição de não adição de N (Dose 0 mg/dm³) proporcionou os menores valores para RHDC (Figuras 6A e 7A). Este padrão também foi observado por Marques (2006) em mudas de garapa (*Apuleia leiocarpa*) cultivadas no PVA.

A RHMSPA é importante para predizer o potencial de sobrevivência das mudas após o plantio (GOMES, 2001), e quanto menor o valor deste índice, melhor, indicando que a muda está mais lenhificada (GOMES e PAIVA, 2004). Foram observados os menores valores de RHMSPA nas mudas cultivadas no PVA e no LVd, cuja fonte de N foi, respectivamente, o sulfato de amônio e o nitrato de amônio (Figuras 5B e 7B). Para as mudas cultivadas no LVA, a fonte que proporcionou os menores valores foi o sulfato de amônio (Figura 6B).

A RMSPAMSR é considerada um índice eficiente para expressar o padrão de qualidade de mudas (GOMES e PAIVA, 2004). Pesquisadores chegaram a um consenso de que o valor “2” é a melhor RMSPAMSR (GOMES, 2001). Para as mudas cultivadas no LVA, a RMSPAMSR (Figura 6C) não foi afetada significativamente pelas doses de nitrato de cálcio aplicadas, porém, a dose de N (48 mg/dm³ de N) necessária para atingir valor “2” para este índice foi alcançada com aplicação de nitrato de amônio. E utilizando sulfato de amônio, neste solo, o índice ideal foi obtido com a aplicação de 76 mg/dm³ de N. Para as mudas cultivadas no PVA (Figura 5C) e LVd (Figura 7C), o índice “2” foi obtido nas mudas testemunha (Dose 0

mg/dm³ de N) dos tratamentos que receberam aplicação de nitrato de amônio no PVA e nitrato de amônio e nitrato de cálcio no LVd.

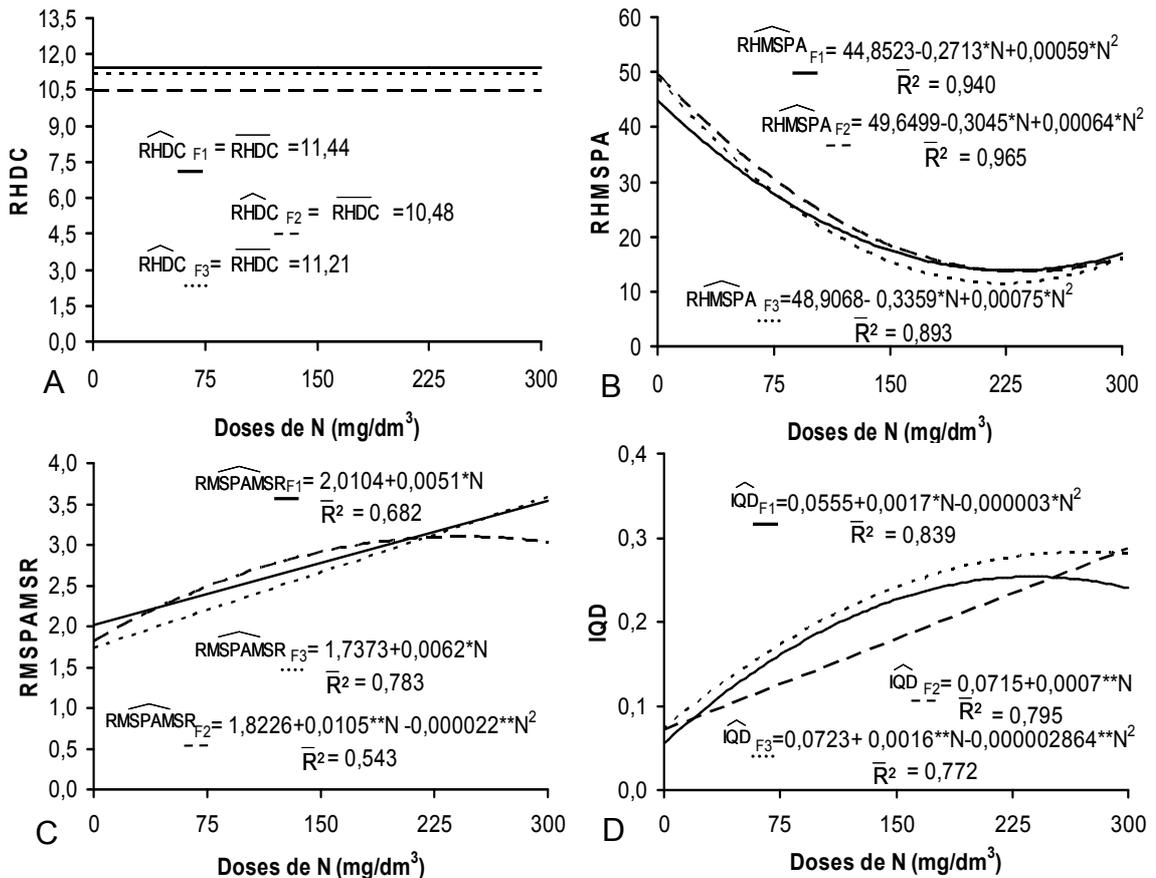


Figura 5 - Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC); relação entre a altura e a matéria seca da parte aérea (RHMSPA); relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAMSR); índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Mabea fistulifera* Vell. aos 125 dias após raleio, produzidas em Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, ** respectivamente, significativo a 1 e 5% de probabilidade.

O IQD é um bom indicador da qualidade de mudas, pois em seu cálculo são considerados a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa da muda (FONSECA et al., 2002). Quanto maior o valor deste índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas (GOMES, 2001). Para as mudas produzidas no LVA e no PVA, a fonte que proporcionou os maiores valores de IQD foi o sulfato de amônio (Figura 6D e 5D), cujo efeito quadrático de suas doses possibilitou estimar as doses críticas: de 201 mg/dm³ de N para o LVA e de 184 mg/dm³ de N para o PVA, ambos obtendo o valor 0,27 para este índice.

As mudas cultivadas no LVd apresentaram maiores valores de IQD com a aplicação de nitrato de amônio (Figura 7D), sendo o efeito de suas doses, linear positivo. Cruz (2007), estudando a produção de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*) em resposta a N, observou resposta linear decrescente do IQD à aplicação de N em mudas cultivadas em Latossolo.

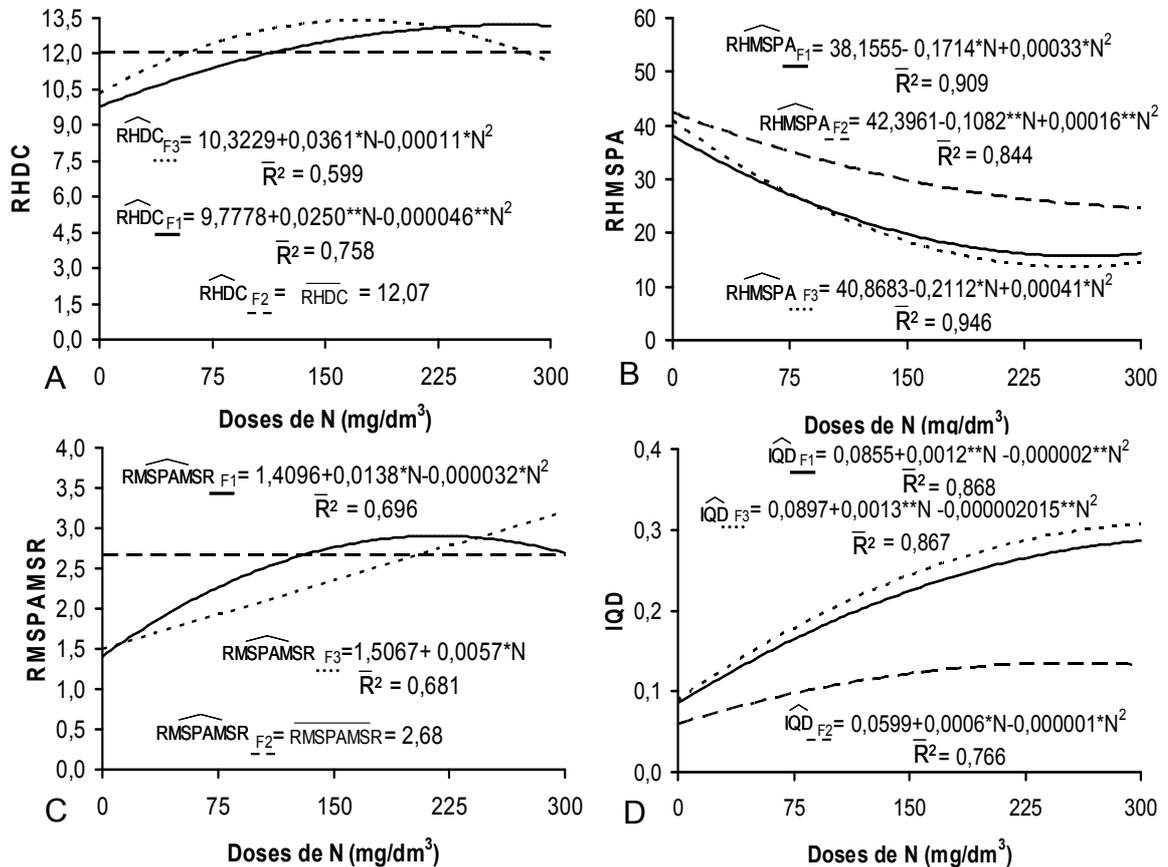


Figura 6 - Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC); relação entre a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA); relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAMSR); índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Mabea fistulifera* Vell., aos 125 dias após raleio, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVA), em resposta a aplicação de doses e fontes de N (F1-Nitrato de amônio; F2-Nitrato de cálcio e F3-Sulfato de amônio). *, ** respectivamente, significativo a 1 e 5% de probabilidade.

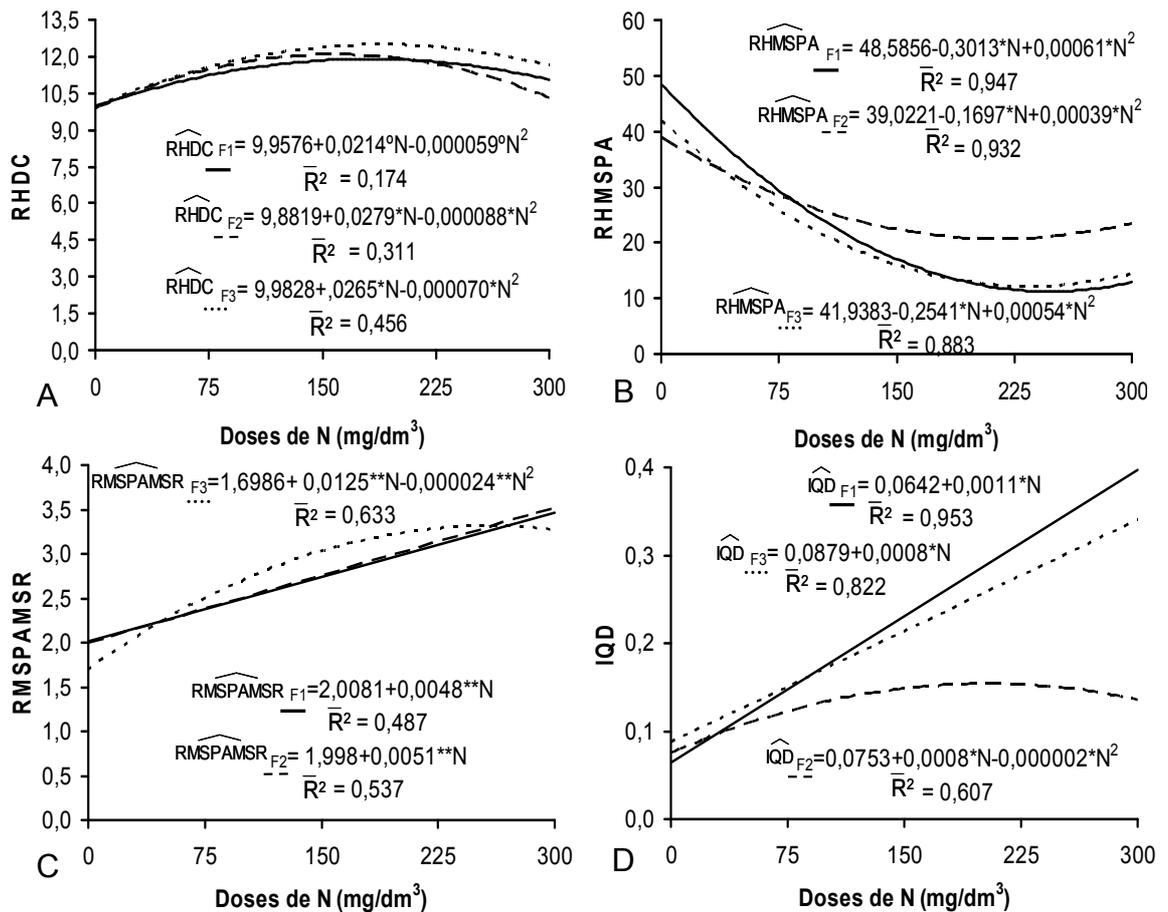


Figura 7 - Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto (RHDC); relação entre a altura da parte aérea e matéria seca da parte aérea (RHMSPA); relação entre a matéria seca da parte aérea e matéria seca da raiz (RMSPAMSR); índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Mabea fistulifera* Vell. aos 125 dias após raleio, produzidas em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVd), em resposta à aplicação de doses e fontes de N (F1 – Nitrato de amônio; F2 – Nitrato de cálcio; e F3 – Sulfato de amônio). *, **, ° respectivamente, significativo a 1, 5 e 10% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

A aplicação de fertilizantes nitrogenados leva a ganhos significativos no crescimento e qualidade das mudas de *Mabea fistulifera* Mart.

O melhor crescimento e qualidade das mudas de *Mabea fistulifera* Mart. ocorre no LVA, com aplicação de 180 mg/dm³ de N.

Recomenda-se, para produção de mudas de *Mabea fistulifera* Mart., uma dose de 180 mg/dm³ de N, parcelada equitativamente aos 25, 50, 75 e 100 dias após o raleio, utilizando como substrato, preferencialmente, o LVA e fonte de N, o sulfato de amônio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BERGER, T.W.; GLATZEL, G. Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. **Forest Ecology and Management**, Viena, v.149, n.1, p.1-14, 2001

BINOTTO, A.F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinus elliottii* var. *elliottii* -Engelm.** 2007. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa-MG: SBCS, 2007, p. 376–449.

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

CRUZ, C.A.F. **Produção de mudas *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub (Canafistula) e *Senna macranthera* (DC. Ex Collad.) H. S. Irwin&Barnaby (fedegoso) em resposta a macronutrientes**. 2007. 183f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

DUBOC, E.; VENTURIN, N. VALE, F.R. do; DAVIDE, A.C. Fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffi* Desf. (Óleo copaíba). **Revista Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p.1-12, 1996.

FONSECA, É. de P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, É.; 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-MG, v. 26, n.4, p. 515-523, 2002.

FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000, p.351-384.

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K**. 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N.de. **Viveiros florestais: propagação sexuada.**Viçosa-MG: UFV, 2004. 116p.

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

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 3.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 368p.

MARQUES, L.S. **Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J.F. Macbr.), bico-de-pato (*Machaerium nictitans* (Vell.) Benth.) e garapa (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solo e fontes de nitrogênio.** 2006. 118 f.. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

MARQUES, V.B.; PAIVA, H.N. de; GOMES, J.M.; NEVES, J.C.L. Efeito de fontes e doses de nitrogênio no crescimento de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 77-85, ago. 2006.

MOREIRA, F.M.S.; MOREIRA, F.W. Características de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 26, n. 1/2, p. 3-16, 1996

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

PEREIRA, F.E. de A. **Biodiesel produzido a partir do óleo de sementes de *Mabea fistulifera* Mart.** 2007. 76f.. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

RAVEN, J.A.; WOLLENWEBER, B.; HANDLEY, L.L. A comparison of ammonium and nitrate as nitrogen sources for photolithotrophs. **New Phytologist**, Oxford, n. 121, p. 19-31, 1992.

REIS, C.; MATIAS, A.A.; REIS, E.L.; KIMO, J.W.; DEMUNER, A.J.; NATALINO, R. Avaliação preliminar do óleo da semente de *Mabea fistulifera* Mart. (canudo-de-pito) para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., Varginha, 2005. **Anais...** Varginha: 2005. p. 734-738.

RENÓ, N.B.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N.; VALE, F.R. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, p.17-25, 1997.

STATSOFT INC. **Statistica data analysis system version 8.0**. Tulsa: Statsoft Inc., 2008

VIEIRA, M. F. **Ecologia da polinização de *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) na região de Viçosa-MG**. 1991. 85f.. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.