

## Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King)

Renata Alexandra SANTOS, Carlos Alberto Franco TUCCI, Francisco Adílson dos Santos HARA, Wellington Gomes da SILVA

### RESUMO

O mogno (*Swietenia macrophylla* King), pelo elevado valor comercial da sua madeira, é uma das espécies mais exploradas na Amazônia, sendo ameaçada de extinção por não haver renovação dos estoques através de reflorestamento com a espécie. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação fosfatada sobre o desenvolvimento de mudas de mogno. O estudo foi conduzido em casa-de-vegetação e o solo utilizado para compor o substrato foi Latossolo Amarelo de textura muito argilosa. Os tratamentos constituíram-se de doses crescentes de fósforo de 0, 25, 30, 75, 100, 150 e 200 kg.ha<sup>-1</sup> de P. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 4 repetições, num total de 28 parcelas. Cada parcela foi formada por 2 mudas, cultivadas em sacos com capacidade de 4 dm<sup>3</sup>. Verificaram-se respostas positivas às doses de fósforo para todas as características de crescimento, bem como na absorção da maioria dos macronutrientes. Para as características de crescimento a dose de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo, foi a que proporcionou máximo crescimento para as mudas de mogno, no intervalo de 90 dias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mogno, fertilidade do solo, fertilizante, fósforo

## Phosphated fertilization to produce mahogany seedlings (*Swietenia macrophylla* King)

### ABSTRACT

Due to the high value of mahogany woods (*Swietenia macrophylla* King), this specie is one of the most explored in the Amazon region. That explains the reason why mahogany is almost extinct. The present work evaluates the effect of phosphated fertilization on the mahogany seedlings under the increased doses of phosphorus. The experiment happened in a greenhouse and the soil used to compose the substratum was a yellow oxisol with a very argillaceous texture. The treatments were made by doses of P: 0, 25, 30, 75, 100, 150 and 200 kg.ha<sup>-1</sup> of P

The experimental design consisted of four randomized blocks, for a total of 28 parcels. Each parcel was formed by 2 seedlings, cultivated in bags with 4 dm<sup>3</sup> of soil. It was noticed positive answers by seedlings cultivated species for all the biometric characters analyzed and, in the same way, for the contents of almost the analyzed nutrients. For the growth characteristics, 200 kg.ha<sup>-1</sup> was the dose that provided the high growth for mahogany, on the interval of 90 days.

**KEY-WORDS:** Mahogany, soil fertility, fertilizer, phosphorus

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amazonas, renatasantos@netcabo.pt

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Titular, DEAS/FCA/UFAM, ctucci@ufam.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Adjunto, DEAS/FCA/UFAM, fhara@ufam.edu.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Água e Solo, DEG/UFLA, wellington1111@hotmail.com.

## INTRODUÇÃO

O mogno (*Swietenia macrophylla* King), é uma das espécies madeireiras mais valiosas da Amazônia. Segundo Ribeiro *et al.* (1999), a espécie, pertence a família Meliaceae e é predominantemente tropical. A madeira é considerada fácil de ser trabalhada e o acabamento produz uma superfície excepcionalmente lisa, brilhante e resistente, o que faz dela uma das madeiras mais valiosas da região amazônica. O elevado preço de sua madeira no mercado nacional e internacional, fez com que sua extração sofresse, durante décadas, grande pressão em toda a sua extensão natural, desde o México até ao Brasil. O mogno é, ainda, uma das espécies mais exploradas no país, sendo portanto, ameaçada de extinção por não estar havendo renovação dos estoques na mesma proporção da exploração do recurso (Tucci & Pinto, 2003). A necessidade de se investir esforços no desenvolvimento de pesquisas sobre a produção de mudas de mogno para fins de reflorestamento é, indiscutível.

O êxito dos projetos de florestamento e reflorestamento depende, entre outros fatores, da correta escolha das espécies (Faria *et al.*, 1997) e das características das mudas levadas ao campo (Paiva *et al.*, 2000). Isto exige informações sobre a silvicultura das espécies nos diversos campos do conhecimento, e dentre elas, o da nutrição mineral (Neto *et al.*, 1999), o que, para as espécies nativas, constitui-se num problema pois os dados disponíveis são, ainda, muito incipientes.

As características físicas e químicas do solo estão entre os principais fatores que condicionam o desenvolvimento das mudas e, no caso dos solos da região Amazônica, grande parte deles é representada pela classe dos Latossolos Amarelos e Podzólicos Vermelho-Amarelo (Cravo *et al.*, 2002), conseqüentemente são solos ácidos, considerados distróficos ou de baixa fertilidade (Falesi, 1984). A utilização desses solos é uma prática rotineira para a produção de mudas em viveiro, por sua grande disponibilidade e baixo custo (Schmitz *et al.*, 2002). No entanto, estes substratos, pelas características que lhes são inerentes, apresentam inconvenientes para o crescimento das plantas, tornando-se necessária a correção da acidez e adubação.

Em virtude da dinâmica do P nos solos mais intemperizados, a baixa disponibilidade para as plantas tem sido apontada como causa do inadequado desenvolvimento da maioria das culturas das regiões tropicais. (Resende *et al.*, 1999). Desta forma, o uso de fertilizantes fosfatados adicionados ao substrato, para melhoria da qualidade das mudas, é fato comprovado, sendo

o rendimento máximo do vegetal obtido pela escolha da dose exata a ser utilizada.

Embora os trabalhos envolvendo respostas ao fornecimento de P pelas espécies florestais para fins de produção de mudas para reflorestamento, sejam escassos, têm sido observadas respostas à adubação fosfatada em solos deficientes do nutriente.

São exemplos desses trabalhos, os de por Venturin *et al.* (1996) sobre a fertilização de plântulas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (óleo de copaíba) e de Barroso *et al.* (2005) sobre o diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de Teca (*Tectona grandis*), mostrando a importância do P para o desenvolvimento de mudas, sendo a sua deficiência limitante para o desenvolvimento das mesmas.

Oliveira *et al.* (1997) chegaram também à conclusão de que a adubação fosfatada influencia o crescimento de mudas de angelim-pedra, o que foi constatado pelas alterações observadas na produção de matéria seca e altura das plantas.

O objetivo do experimento foi avaliar o efeito de diferentes doses crescentes de fósforo no crescimento, produção de matéria seca e absorção de N, P, K, Ca e Mg em mudas de mogno.

## MATERIAL DE MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação e em laboratórios do Departamento de Ciências Florestais da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) no período de Maio de 2004 a Dezembro de 2005. Para a formação de mudas foi coletada a camada de 0 a 20 cm de profundidade de um Latossolo Amarelo, de textura muito argilosa. Análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1999).

A calagem foi realizada, colocando-se uma dose equivalente a duas toneladas de corretivo por hectare, com 14% de MgO e 32% de CaO e PRNT de 95%. A estimativa da necessidade de calagem teve como critério a metodologia de Catani & Alonso (1969). O calcário foi incubado por um período de 30 dias, para solubilização e reação deste com o substrato.

Os tratamentos constituíram de doses crescentes de adubação com fósforo em 0, 25, 30, 75, 100, 150 e 200 Kg.ha<sup>-1</sup> de P, sendo a fonte utilizada o superfosfato simples.

**Tabela 1** - Características químicas e teor de argila do solo utilizado como substrato para a produção de mudas de mogno, antes da calagem e aplicação dos tratamentos.

pH H <sub>2</sub> O	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	P	K	T	t	m	V	M.O	Argila
	cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>			mg.kg <sup>-1</sup>		cmol <sub>c</sub> .kg <sup>-1</sup>		%		g.kg <sup>-1</sup>	
4,3	1,75	8,49	0,05	2	18	8,65	1,91	91	2	24,47	81,84

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com sete tratamentos e quatro repetições, perfazendo um total de 28 parcelas experimentais para cada espécie, sendo duas mudas por parcela. A unidade experimental foi constituída por sacos de polietileno com capacidade para 4 dm<sup>3</sup> de solo. O fósforo, nas respectivas doses, foi misturado ao solo antes do enchimento dos vasos, e os demais nutrientes, utilizados para balanceamento (N e K<sub>2</sub>O a 75 e 100 ppm, respetivamente, tendo como fontes a uréia e o cloreto de potássio), foram aplicados em dose única. Durante a condução do experimento foi realizada irrigação diariamente mantendo-se a umidade constante, acrescentando-se um volume de água correspondente a 30% do peso do solo. Foi ainda adicionada também uma fonte de micronutrientes quelatizada (Quelamix), sob a forma de solução, sendo colocado doses correspondentes a 1,8% de B; 0,8% de Cu; 3,0% de Fe; 3,0% de Mn; 0,1% de Mo e 9% de Zn/parcela, a cada 15 dias após a repicagem em todos os ensaios.

Para a germinação das sementes de mogno utilizou-se como substrato areia lavada, sendo tratadas com benlate a 1%. Após a germinação e quando as plântulas de mogno apresentaram de 12-15 cm, foram selecionadas plantas para uniformidade quanto a altura e em seguida, foi realizada a repicagem. No dia da repicagem foram realizadas medidas da altura e diâmetro de cada unidade experimental. Após 90 dias da repicagem foram avaliadas as seguintes características: altura da planta (cm), diâmetro do caule (mm), matéria seca da parte aérea, sistema radicular e total (g) e o teor de N, P, K, Ca e Mg nas folhas. A matéria seca da parte aérea e sistema radicular (g/planta) foi obtida após a secagem do material vegetal em estufa de ventilação forçada de ar a 70°C até peso constante. A análise dos macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) da parte aérea foi realizada no Laboratório de Análises de Solos e Plantas - LASP/ do Centro de Pesquisa Agroflorestal - CCAA da Embrapa, seguindo a metodologia proposta por Malavolta et al. (1998). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, em que procurou-se isolar o comportamento da planta em resposta às doses de P. Foram ajustadas equações de regressão para as características de crescimento avaliadas e para

a absorção dos macronutrientes, como variáveis dependentes das doses de P

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA

Como mostra a tabela 2, os tratamentos com doses crescentes de fósforo proporcionaram efeito diferenciado sobre o crescimento das mudas de mogno. As doses crescentes promoveram aumentos no crescimento das mudas em todas as características de crescimento avaliadas.

Os resultados da Figura 1, mostram que, em todas as características analisadas (altura das plantas, diâmetro do caule, matéria seca das raízes, parte aérea e total) houve resposta das plantas de mogno às doses crescentes de fósforo aplicadas, conseguindo-se ajustar os dados a modelos de regressão. Os modelos ajustados para as mudas de mogno foram, para todas as características de crescimento avaliadas, lineares, ou seja, houve resposta positiva, incrementando essas medidas à proporção que aumentaram as doses de fósforo aplicadas ao solo.

O máximo crescimento foi conseguido mediante a aplicação da dose máxima de P, de 200 kg.ha<sup>-1</sup>. A resposta linear da espécie à adubação fosfatada, no intervalo considerado, mostra que mesmo no maior nível de P adicionado, a fração que permaneceu disponível para a absorção pelas plantas esteve aquém do suprimento ideal para a expressão do máximo potencial de crescimento da espécie.

Os resultados obtidos para o mogno diferiram dos encontrados por Neves *et al.* (2004), o que poderá estar relacionada com a dose máxima colocada. No trabalho desses autores, as doses variaram entre 0 e 450 mg dm<sup>-3</sup> de P e no presente estudo, a dose máxima foi de 200 kg/ha (equivalente a 100 ppm), o que sugere que a dose máxima colocada ficou aquém da dose de máxima eficiência física da planta. Ainda, todas as medidas estudadas apresentaram comportamento semelhante, apresentando os pontos de máxima eficiência física entre 239 e 265 mg dm<sup>-3</sup> de P. Estes valores encontram-se fora do intervalo experimental do presente estudo, no qual não se determinaram as doses de máxima eficiência física

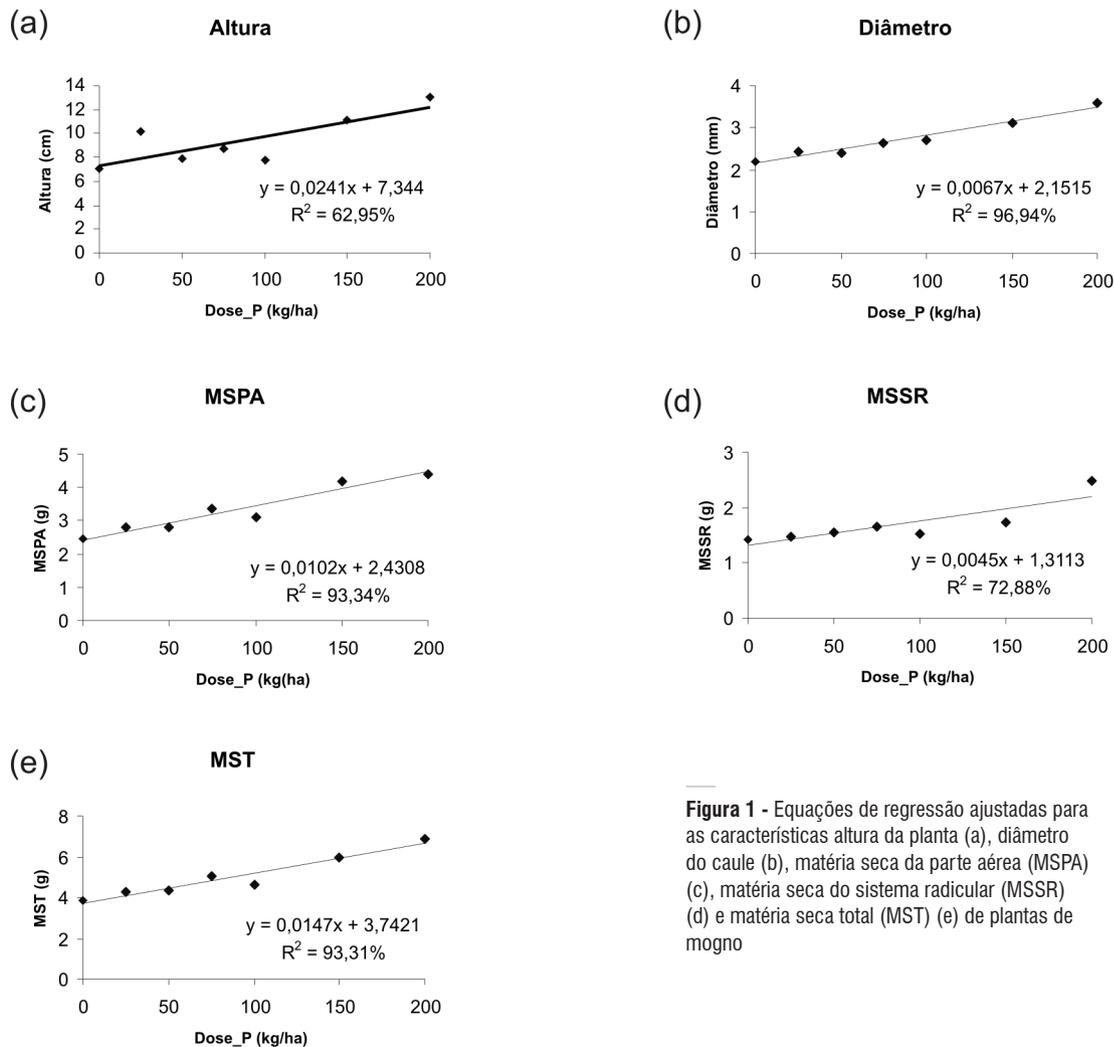
**Tabela 2** - Resumo da análise de variância do crescimento em altura, diâmetro produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca do sistema radicular (MSSR), matéria seca total (MST) das mudas de mogno com 90 dias de casa-de-vegetação, submetidas a doses crescentes de adubação fosfatada.

Quadrado Médio						
FV	G.L	Altura	Diâmetro	MSPA	MSR	MST
Tratamento	6	18,33 *	0,93 *	2,22 **	0,54 **	4,59 **
Bloco	3	1,84 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	2,69 <sup>ns</sup>
Erro	18	4,66	0,15	0,79	0,16	1,28
C.V. (%)		22,94	14,31	26,92	23,32	22,67

ns - Não significativo

\*\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

\* - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F



**Figura 1** - Equações de regressão ajustadas para as características altura da planta (a), diâmetro do caule (b), matéria seca da parte aérea (MSPA) (c), matéria seca do sistema radicular (MSSR) (d) e matéria seca total (MST) (e) de plantas de mogno

em função do modelo linear ajustado que não permitiu a determinação do ponto máximo de crescimento.

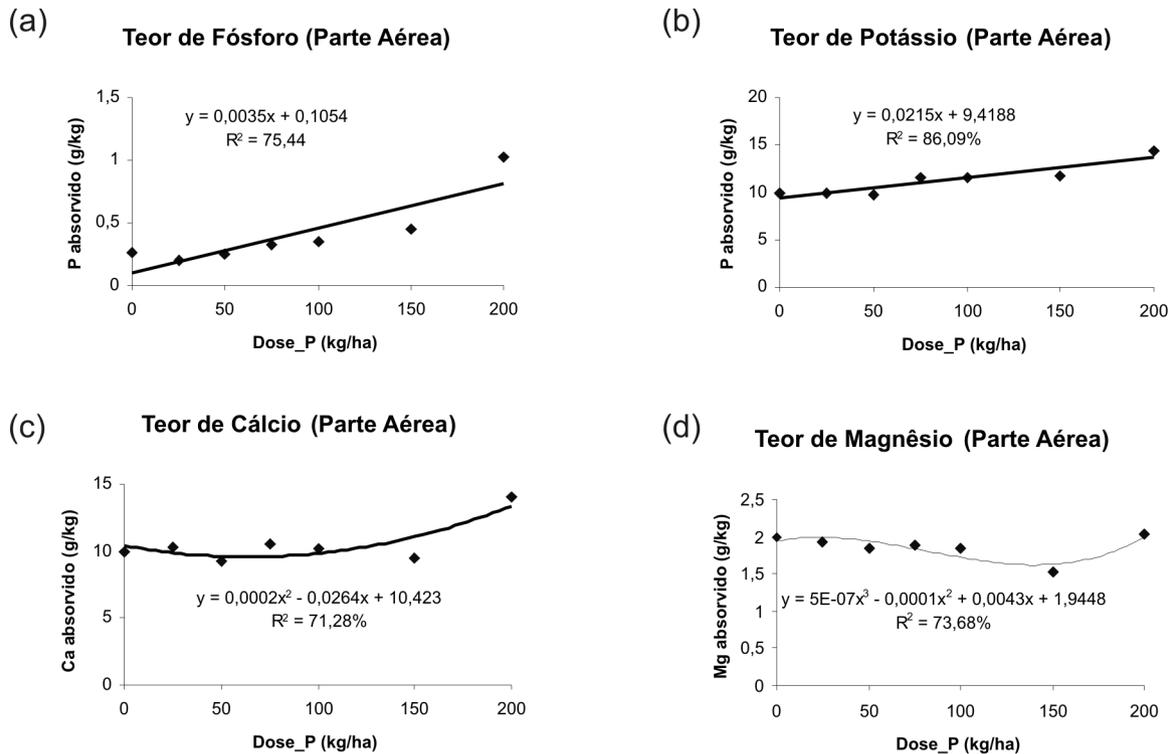
Fernandes *et al.* (2000) ao avaliarem o crescimento inicial, níveis críticos de fósforo e frações fosfatadas nas espécies florestais aroeirinha, paineira e jambolão, conseguiram ajustar, equação quadrática em função das doses de P (que variaram entre 0 e 600 ppm), apenas para a matéria seca total, ao passo que para a matéria seca da parte aérea e matéria seca do sistema radicular, apenas conseguiram ajustar modelos lineares, o que esteve relacionado com o fato de as doses de P não serem suficientes para atingir a máxima produção. A única exceção foi para a espécie paineira o que, segundo os mesmos autores, sugere que a espécie seja eficiente nutricionalmente, uma vez que sua produção de biomassa foi mais elevada do que as demais espécies em função das doses de P.

#### ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES

A absorção de macronutrientes pela parte aérea, de igual forma, verificaram-se diferenças significativas mediante a aplicação do P ao solo (Tabela 3)

Para a absorção de macronutrientes apenas foi possível o ajuste dos dados de absorção de P, K, Ca e Mg aos modelos de regressão (Figura 2). Para a absorção de N não foi possível o ajuste dos dados.

Verificou-se que houve resposta linear e positiva em função das doses crescentes de fósforo, verificando-se que o incremento em crescimento da parte aérea, bem como a produção de biomassa, acompanhou o aumento na absorção. Isto sugere que as plantas de mogno possuam eficiência de utilização do fósforo.



**Figura 2** - Equações de regressão ajustadas para a absorção de fósforo (P) (a), potássio (K) (b), cálcio (Ca) (c) e magnésio (Mg) (d) de plantas de mogno.

**Tabela 3** - Resumo da análise de variância da absorção dos macronutrientes em mudas de mogno com 90 dias de casa-de-vegetação, submetidas a doses crescentes de adubação fosfatada.

Quadrado Médio						
FV	G.L	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Tratamento	6	1,35 <sup>ns</sup>	0,33 *	10,71 **	10,33 *	0,11 *
Bloco	3	1,44 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	6,46 <sup>ns</sup>	2,14 **	0,11 **
Erro	18	2,19	0,02	3,49	0,48	0,03
C.V. (%)		15,42	35,94	15,58	5,54	8,99

ns - Não significativo

\*\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F

\* - significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F

Quanto à absorção de K pelas plantas de mogno, verificou-se que a resposta à adubação fosfatada foi linear e positiva entre as duas variáveis. Verificou-se também resposta à adubação fosfatada na absorção de Ca e Mg, sendo os modelos ajustados, de 2º e 3º grau, respectivamente.

No entanto, com exceção para o K absorvido, o valor dos coeficientes de determinação foram relativamente baixos, o que indica que as respostas de absorção de P, Ca e Mg face aos tratamentos de doses crescentes de fósforo não foram muito evidentes.

Uma vez que o mogno se enquadra no grupo sucessional das espécies clímax, os resultados obtidos pelo presente

estudo estão em concordância com os obtidos por Resende et al. (1999). Estes autores constataram, comparando o comportamento de espécies de diferentes grupos sucessionais face à adubação fosfatada, que apesar de os teores de fósforo variarem em função da dose de P, nas espécies do grupo clímax, os modelos ajustados apresentaram baixos coeficientes de determinação, indicando que as respostas aos tratamentos pelas espécies desse grupo foram menos evidentes. Dessa forma, as espécies desse grupo, tal como o mogno, não apresentaram tendências efetivas de resposta ao fornecimento de fósforo.

Outros trabalhos, porém, apresentam resultados mais evidentes, como o estudo realizado por Neves et al. (2004) com a espécie andiroba. Os autores verificaram que, na presença de doses crescentes de P, houve resposta da planta em termos de acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S, observando-se um comportamento de resposta quadrático com alto grau de precisão. Nesse caso, as plantas responderam à aplicação de P com o incremento inicial de acúmulo dos elementos estudados e, a partir de doses maiores, a resposta à adubação passou a decrescer. No caso do P, a obtenção do máximo acúmulo foi alcançada com a dose de 287,5 mg dm<sup>-3</sup> de P. Isso deve-se ao fato de que, em doses maiores de P, o crescimento das plantas foi comprometido (NEVES et al., 2004).

## CONCLUSÕES

Verificou-se respostas positivas às doses de P adicionadas para todas as características de crescimento avaliadas, para a mogno, sendo possível o ajuste de equações de regressão. Os modelos ajustados foram lineares, não se determinando os valores de MEF e MEE. No entanto, a dose máxima de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de P foi a que proporcionou o máximo de crescimento das mudas de mogno em 90 dias.

Para a absorção de macronutrientes pela parte aérea das plantas de mogno foi possível o ajuste de equações para os nutrientes P, K, Ca e Mg. A equação ajustada para a absorção de P foi linear, sendo a dose máxima de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de P foi a que proporcionou a maior absorção do elemento.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Barroso, D. *et al.* 2005. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de Teca. *Revista Árvore*, 29 (5): 671-679.
- Catani, R.A.; Alonso, O. 1969. Avaliação da exigência de calcário do solo. Piracicaba: Anais da Escola Superior de Agricultura Luis Queiroz, n.26: 141-156.
- Cravo, S. *et al.* 2002. Características, uso agrícola atual e potencial das várzeas no estado do Amazonas. *Acta Amazônica*, 32(3): 351-365.
- Embrapa. 1999. Manual de métodos de análise de solo, plantas e fertilizantes. 2ed. Rio de Janeiro. 212 pp.
- Faria, J.; Davide, A.; Botelho, J. 1997. Comportamento de espécies florestais em áreas degradadas, com duas adubações de plantio. *Revista Cerne*, 3 (1): 1-20.
- Falesi, I. 1984. Estádio atual de conhecimento de solos da Amazônia Brasileira. In: Simpósio do Trópico Úmido, I. Belém. Embrapa CPATU.
- Fernandes, L. *et al.* 2000. Crescimento inicial, níveis críticos de P e frações fosfatadas em espécies florestais. *Pesquisa Agropecuária*, 35(6): 1291-1198.
- Malavolta, E.; Vitti, G. 1998. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. Associação Brasileira para Pesquisa do Potassa e do Fósforo. Piracicaba, 201 pp.
- Neto, O. *et al.* 1999. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. *Revista Cerne*, 5 (2): 001-012.
- Neves, O. *et al.* 2004. Crescimento, produção de matéria seca e acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de mudas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) cultivadas em solo de várzea, em função de diferentes doses de fósforo. *Revista Árvore*, 28 (3): 343-349.
- Oliveira, J. *et al.* 1997. Resposta de mudas de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke) a nitrogênio e fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(9): 1503-1507.
- Paiva, N.; Gomes, M. 2000. Viveiros florestais (cadernos didáticos). 2.ed Universidade Federal de Viçosa - MG. 69 pp.
- Resende, A. *et al.* 1999. Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a dose de fósforo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 34(11): 2071-1081.
- Ribeiro, J.E., *et al.* 1999. Flora da reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Manaus, AM. 375 pp.
- Schmitz, A.; Souza, P.; Kampf, A. 2002. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. *Ciência Rural*, 32(6): 937-944.
- Tucci, C.; Pinto, F. 2003. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno. In: 29º Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Ribeirão Preto. CD-ROM do 29 CBCS.
- Venturin, P. *et al.* 1996. Fertilização de plântulas de Copaifera Langsdorffii (óleo copaíba). *Revista Cerne*, 2(2): 31-47.

Recebido em 22/08/2006

Aceito em 01/02/2008