

SATURAÇÃO POR BASES E DOSES DE P NO CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE  
*SWIETENIA MACROPHYLLA*

Base Saturation And Doses Of P In The Initial Growth Of *Swietenia Macrophylla* Seedlings, In Nursery Conditions

Cristiane Ramos Vieira<sup>1</sup>, Rosangela Araujo Botelho<sup>2</sup>, Patrícia Paz da Costa<sup>3</sup>, Rosangela Natalina Zattar da Silva<sup>4</sup>

**Resumo:** O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) é uma espécie arbórea nativa, cuja madeira é apreciada para construção civil, móveis, instrumentos, dentre outras utilidades. No entanto, faz-se necessário conhecer mais a respeito das exigências nutricionais dessa espécie. Diante disso, desenvolveu-se experimento com o objetivo de avaliar a saturação por bases e diferentes níveis de P no crescimento inicial das mudas do mogno brasileiro. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo: T0 – 100% solo; T1 – 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T2 – 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T3 – 200 mg dm<sup>-3</sup> P; T4 – V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T5 – V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T6 – V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P. Para caracterizar o crescimento das mudas foram avaliadas as características morfológicas das plantas ao final de 90 dias. Verificou-se que, o solo, in natura, não deve ser utilizado como substrato, sem a complementação das suas condições de fertilidade. Recomendando-se para a produção de mudas de *S. macrophylla*, a adição de calcário para a elevação da saturação por bases para 50% e adubação com 100 mg dm<sup>-3</sup> de P ao solo, para que se obtenha mudas com as melhores condições de crescimento e de produção de massa seca.

**Abstract:** Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla*) is a tree native species, whose wood is appreciated for civil construction, furniture, instruments, among other uses. However, it is necessary to know more about the nutritional requirements of this species. Therefore, an experiment was developed with the objective of evaluating base saturation and different levels of P in the initial growth of Brazilian mahogany seedlings. The experiment was carried out in a completely randomized design with five replications, being: T0 - 100% soil; T1 - 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T2 - 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T3 - 200 mg dm<sup>-3</sup> P; T4 - V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T5 - V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T6 - V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P. To characterize the growth of Brazilian mahogany seedlings, the morphological characteristics of the plants were evaluated after 90 days. It was found that the soil, in nature, should not be used as a substrate, without complementing its fertility conditions. It is recommended for *S. macrophylla* seedlings production, the addition of lime to increase the base saturation to 50% and fertilization with 100 mg dm<sup>-3</sup> of P to the soil, so that seedlings are obtained with the best growth and dry mass production conditions.

**Palavras Chaves:**

Mogno, calagem, fosfatagem, nutrição de plantas, viveiro.

**Keywords:**

Mahogany, liming, phosphating, plant nutrition, nursery.

<sup>1</sup>Doutora em Agricultura Tropical, Docente do curso de Agronomia da Universidade de Cuiabá. E-mail: cris00986@hotmail.com

<sup>2</sup>Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá. E-mail: rosangela.nativa@hotmail.com

<sup>3</sup>Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá. E-mail: patycolgel@hotmail.com

<sup>4</sup>Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá. E-mail: rosazattar@hotmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros, especialmente os de Cerrado, são na sua maioria, naturalmente ácidos, tendo baixa disponibilidade de nutrientes (Silva et al., 2011; Costa Filho et al., 2013) que são necessários para o crescimento das plantas. Isso dificulta a utilização desse solo como substrato único para a produção de mudas em viveiros florestais, necessitando da adição de um material que tenha capacidade nutritiva superior ou mesmo a adição de adubos minerais.

Segundo o que foi relatado por Freitas et al. (2017a), entre os substratos utilizados para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas, destaca-se a terra de subsolo, que ainda é utilizada pelos viveiros. Todavia, a maioria dos solos brasileiros apresenta elevada acidez e baixa disponibilidade de nutrientes em condições naturais, sendo o principal deles, o P.

Daí a importância da adubação durante a produção das mudas no viveiro. De acordo com Dutra et al. (2015) uma das formas de se produzir mudas de boa qualidade e que tenham chances de sobrevivência após o transplante é através de uma nutrição equilibrada, utilizando-se das adubações minerais. Dessa forma, o sucesso na utilização de espécies florestais nativas, depende do conhecimento dos seus requerimentos nutricionais, visando aperfeiçoar o sistema de produção de mudas e, conseqüentemente, aumentar o seu potencial de sobrevivência e crescimento após o plantio no campo.

Dentre esses indivíduos que devem ser estudados, devido à sua importância para o bioma do qual se origina e da qualidade da madeira que produz, está o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), espécie arbórea nativa típica das condições amazônicas.

A *Swietenia macrophylla* é uma espécie florestal da família Meliaceae conhecida como mogno ou mogno-brasileiro, de ocorrência natural em latitudes de 20° N no México (Yucatán) a 18° S, na Bolívia. No Brasil, localiza-se entre 1° S no Maranhão e 14° S em Mato Grosso (CARVALHO, 2007). Trata-se de uma das espécies madeireiras mais valiosas da Amazônia, cujo elevado preço no mercado nacional e internacional, fez com que sua extração sofresse, durante décadas, grande pressão, o que colocou a *S. macrophylla* na lista das espécies vulneráveis à extinção (SANTOS et al., 2008). Isso justifica a necessidade de reposição da espécie em áreas nativas, mediante recuperação.

Portanto, produzir mudas de qualidade dessa espécie se faz necessário. No entanto, produzir mudas de qualidade requer informações cada vez mais específicas a respeito das etapas do processo de produção. Uma dessas etapas é a complementação do substrato com os nutrientes em quantidades necessárias para o crescimento das plantas. Dentre as intervenções que se pode fazer para melhorar as condições de crescimento dessas plantas, na sua fase inicial de desenvolvimento, é a calagem. Outra intervenção é a adubação fosfatada dos substratos com doses mais específicas.

Acalagem objetiva aumentar o pH, corrigindo a acidez do solo e, conseqüentemente, a disponibilidade de P, como mencionado por Silva et al. (2011) e Silva et al. (2013). Enquanto que, a necessidade em P está relacionada às suas funções no metabolismo da planta, como na fotossíntese, respiração, divisão e crescimento celular e, na transferência de energia como parte do trifosfato de adenosina (ATP) (Dechen e Nachtigall, 2007); além do crescimento do sistema radicular (GONÇALVES et al., 2000).

Estudos têm demonstrado diferentes respostas das plantas tanto à elevação da saturação por bases quanto à adição de P aos substratos. Freitas et al. (2017a) verificaram que a dose de P mais adequada para a produção de mudas de *Cassia grandis*, na saturação de 25% foi de 600 mg dm<sup>-3</sup>. Para as mudas de *Dalbergia nigra*, Carlos et al. (2018) verificaram que a saturação por bases deve estar entre 48 e 54,7% e a dose de P deve ser de 500 mg dm<sup>-3</sup>. Para a *Plathymenia foliolosa*, Freitas et al. (2017b) não verificaram a influência da calagem, porém, recomendaram dose de P de 300 mg dm<sup>-3</sup>. Enquanto, Dutra et al. (2015) recomendaram 450 mg dm<sup>-3</sup> de P para mudas de *Amburana cearensis*.

Diante disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar a saturação por bases e as doses de P mais favoráveis para o crescimento de mudas de *S. macrophylla*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação da Faculdade de Agronomia da Universidade de Cuiabá, situada no campus Beira Rio I, em Cuiabá – MT, nas coordenadas 15°37'28" S e 56°05'11" O. O clima predominante da região é o tropical de savana, segundo classificação de Köppen. Essa casa de vegetação possui a cobertura e suas laterais realizadas a partir de tela transparente, não apresentando controle de temperatura.

As sementes de *S. macrophylla* foram coletadas diretamente das árvores, ainda dentro dos frutos, porém, em fase de amadurecimento, em área pertencente à Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá, situada nas coordenadas 15°36'36" S e 56°03'57" O. Os frutos foram levados para a casa de vegetação, onde passou pelo processo natural de secagem. Em seguida, as sementes retiradas a partir da rachadura dos frutos e, posteriormente, beneficiadas.

Para a produção das mudas, as sementes foram colocadas para germinar em sacolas plásticas de 10x15 cm, com capacidade para 500 g, preenchidas com solo, o mesmo utilizado no experimento. Após 15 dias, observaram-se as primeiras germinações e, transcorridos mais 20 dias, as mudas estavam aptas para o transplante para os tratamentos testados no experimento.

O solo utilizado foi o Latossolo Vermelho distrófico com textura franco arenosa, coletado em área de Cerrado nativo do Instituto Federal de Mato Grosso, *campus* de São Vicente da Serra-MT. Após coleta, uma amostra do solo foi retirada, seca ao ar, peneirada em malha de dois mm e submetida às caracterizações química e física, seguindo métodos descritos pela Embrapa (1997) e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análises química e física do solo

pH	K	P	H+Al	Al	Ca	Mg	SB
CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
4,50	70,20	1,43	6,25	0,25	1,92	0,67	2,77
T	t	V	m	MO	Areia	Silte	Argila
cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%			g kg <sup>-1</sup>		
9,02	3,02	30,71	8,28	34,61	538	54,30	407,70

pH em CaCl<sub>2</sub> – relação 1:2,5; H+Al – em acetato de cálcio; Al, Ca e Mg - em KCl 1N; P e K – em Mehlich; SB – soma de bases; T – capacidade de troca de cátions a pH 7,0; t – CTC efetiva; V% - saturação por bases, em %; m% - saturação por Al, em %; MO – Matéria orgânica a partir da queima em mufla; Areia, silte e argila – método do densímetro.

O calcário foi adicionado ao solo e homogeneizado para, em seguida, ser utilizado para preencher as sacolas plásticas de 30x40 cm com capacidade para um quilo. As características do calcário estão apresentadas na Tabela 2. O cálculo da quantidade de calcário necessária para a elevação da saturação por bases foi realizado conforme resultados da análise de solo e o método da elevação da saturação por bases (Equação 1).

Tabela 2. Características químicas e físicas do calcário utilizado

CaO	MgO	PN	PRNT	Ação residual
		%		
24,0	17,1	84,4	79	15,0

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = (V_E - V_A) T/100 \quad [1]$$

em que: NC = necessidade de calagem, em toneladas por hectares; V<sub>E</sub> = saturação por bases desejada, em %; V<sub>A</sub> = saturação por bases atual do solo, em %; T = CTC a pH 7,0.

Após o preenchimento das sacolas com solo calcareado, efetuou-se o transplante das mudas. Em seguida, as aplicações de P, em formato de meia lua, tendo como fonte o superfosfato simples, com

18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 25% CaO e 12% S; com base nos diferentes níveis testados no experimento. As mudas permaneceram nessas condições por 10 dias, considerando-as adaptadas após esse período, tendo sido mantidas sob irrigação diária.

Após o transplante foram realizadas as aplicações de soluções contendo a adubação básica, preparada em solução, conforme Passos (1994): 100 mg dm<sup>-3</sup> de N a partir de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; 300 mg.dm<sup>-3</sup> de P, a partir de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 140 mg.dm<sup>-3</sup> de K a partir de KCl e K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (100 mg.dm<sup>-3</sup> de KCl e 40 mg.dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). E, a solução de micronutrientes que foi composta seguindo Alvarez (1974): 0,81 mg.dm<sup>-3</sup> de B, 3,66 mg.dm<sup>-3</sup> de Mn, 4,0 mg.dm<sup>-3</sup> de Zn, 1,33 mg.dm<sup>-3</sup> de Cu e 0,15 mg.dm<sup>-3</sup> de Mo, tendo como fontes H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O e (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado, nesse caso, foi o inteiramente casualizado, com sete tratamentos e cinco repetições. Sendo: T0 – 100% solo; T1 – 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T2 – 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T3 – 200 mg dm<sup>-3</sup> P; T4 – V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T5 – V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T6 – V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P. Após o período de pegamento das mudas, iniciou-se o acompanhamento do crescimento dessas mudas.

Ao final de 90 dias, a contar do pegamento das mudas, foram avaliadas as características morfológicas das plantas, que foram: altura da parte aérea (H), com régua graduada, medindo-se da base do solo até a última folha da planta; diâmetro de colo (DC), medido com paquímetro digital; e a massa seca. Para análise da massa seca, as mudas foram seccionadas em folhas (MSF), caule (MSC) e raiz (MSR), levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante e, pesadas em balança semi-analítica. A partir da somatória dos resultados obtidos para a parte aérea e a parte radicular, obteve-se os valores para a massa seca total (MST) das mudas. Após essas análises foi possível calcular, a relação H/DC, a relação H/MSPA (massa seca da parte aérea) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON et al., 1960).

Os dados foram interpretados por meio da análise de variância e a comparação de médias foi realizada pelo método de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro utilizando o programa estatístico SISVAR, após constatação da normalidade dos dados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os efeitos dos substratos com diferentes saturações por bases e doses de P estão apresentados nas tabelas 3 e 4. Sendo que, na tabela 3 estão os resultados para os crescimentos em altura e em diâmetro e para a produção de massa seca, no entanto, observa-se que, para a produção de massa seca não houve significância entre as médias.

**Tabela 3. Altura (H, em cm), diâmetro de colo (DC, em mm), massa seca folhas (MSF, em g), massa seca caule (MSC, em g), massa seca raiz (MSR, em g) e massa seca total (MST) de mudas de *S. macrophylla* após crescimento em diferentes composições de substratos**

Tratamento	H	DC	MSF	MSC	MSR	MST
T0	38,40 b	3,63 b	2,04 a	1,98 a	0,89 a	4,92 a
T1	39,40 b	3,84 b	2,11 a	2,20 a	0,92 a	5,46 a
T2	40,00 b	3,93 b	2,34 a	2,42 a	1,01 a	5,59 a
T3	41,20 b	3,99 b	2,34 a	2,47 a	1,03 a	5,79 a
T4	47,40 a	4,58 a	2,50 a	2,78 a	1,37 a	6,66 a
T5	39,00 b	4,36 a	2,33 a	2,59 a	1,43 a	6,30 a
T6	37,00 b	4,27 a	2,28 a	2,51 a	1,23 a	6,07 a
CV (%)	6,9	9,0	25,9	31,2	39,2	17,4

T0 – 100% solo; T1 – 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T2 – 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T3 – 200 mg dm<sup>-3</sup> P; T4 – V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T5 – V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T6 – V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P. Médias seguidas de mesma letra, em coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O crescimento em altura, das mudas de mogno brasileiro, foi maior no tratamento 4, em que se utilizou o V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P. Demonstrando que, existe a necessidade de complementar o solo com a adição de calcário, para elevar a saturação por bases e melhorar as condições de disponibilidade de nutrientes. Nesse caso, a adição de P também foi vantajosa, indicando que a espécie foi responsiva a esse elemento, e, portanto, existe a necessidade ainda, de elevar os teores de P no solo para que este possa assim, ser utilizado pelas plantas. De acordo com Gomes e Silva (2004) dificilmente um material puro conseguirá apresentar todas as características adequadas para compor um substrato. Por isso, pode-se observar o menor crescimento em tratamentos em que se utilizam apenas um tipo de substrato. No entanto, ressalta-se que, o solo utilizado no experimento, em suas condições iniciais possuía um teor de P que, provavelmente, não seria suficiente para a espécie estudada (1,43 mg dm<sup>-3</sup>). A complementação com 100 mg dm<sup>-3</sup> já foi suficiente para melhorar as condições para o crescimento em altura. De acordo com Sousa e Lobato (2003) solos típicos de Cerrado estão comumente relacionados com a baixa disponibilidade de P devido às suas características químicas que favorecem a adsorção do elemento.

Observações semelhantes foram feitas por Gomes et al. (2004) e Bernardino et al. (2005) quando obtiveram aumento do crescimento em altura ao aplicar calagem e doses de P.

A média para o crescimento em altura, em T4 foi de 47,4 cm, enquanto, na testemunha, foi de 38,4 cm, um incremento de 19,0%. Porém, a média em T6 (V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P) foi de 37,0 cm. Em relação a este tratamento, o crescimento em altura, em T4 foi 21,9% maior, provavelmente, em função da maior dose de P. Sendo assim, a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> pode ter provocado uma interação negativa entre os nutrientes no solo, ou ainda, não ter sido totalmente aproveitado pela planta. Conforme Macedo e Teixeira (2012) altas doses de P no substrato também podem afetar a disponibilidade de outros nutrientes e, conseqüentemente, prejudicar o desenvolvimento vegetal.

Esse maior crescimento em altura, nas condições de adição de calcário e de adubo fosfatado é importante, já que a altura é uma das características morfológicas mais utilizadas, pelos viveiristas, para qualificar as mudas e recomendar aquelas que estão aptas para o plantio no campo, já que se trata de uma característica fácil de ser medida e não é destrutiva. De acordo com Gomes e Paiva (2011) a altura da parte aérea da muda, no viveiro, se correlaciona positivamente com o crescimento no campo. Dessa forma, quanto mais rápido, uma muda cresce (caso isso não seja um estiolamento), melhor. Porque indica que, as mudas estão se formando em menos tempo, o que permite, ao viveirista, produzir mais mudas em menor tempo, se traduzindo em uma vantagem para um viveiro comercial.

Além do crescimento em altura, outra característica geralmente observada para qualificar uma muda, é o diâmetro de colo. Neste caso, ressalta-se que, o crescimento em diâmetro apresentou, basicamente, as mesmas características do crescimento em altura. Esse resultado é interessante porque demonstra que, as mudas não estão estiolando, já que, o crescimento em altura está ocorrendo, conforme o crescimento da parte radicular.

De acordo com Souza et al. (2006), mudas com o maior incremento em diâmetro possuem maior capacidade de formação e de crescimento de novas raízes. Isso porque, a haste e a região do colo espesso indicam a presença de substâncias de reserva nos tecidos internos da planta. Sendo indicativo de que a muda apresenta aspecto sadio e está nutricionalmente apta para o plantio a campo, pois parte das reservas para formar novas raízes vem de nutrientes contidos na haste (SCREMIN-DIAS et al., 2006). Além disso, o diâmetro de colo chega a explicar 70 a 80% das diferenças que existem no peso de matéria seca das mudas (GOMES e PAIVA, 2011).

Para essa característica morfológica, a média em T4 (V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P) foi de 4,58 mm, semelhante estatisticamente, às médias em T5 (V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P) e em T6 (V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P); estas médias, por sua vez, foram superiores à do tratamento testemunha, que foi de 3,63 mm. Neste caso, o incremento foi de 20,7%, se comparado com o crescimento em T4, o que é importante porque



o crescimento em diâmetro se correlaciona com o crescimento radicular, responsável pela absorção de água e de nutrientes pelas plantas. Além disso, diâmetro e altura são as duas características morfológicas mais utilizadas dentro dos viveiros para indicar a qualidade das mudas, porque são características fáceis de serem medidas e não são destrutivas.

Com base nessas duas características, Xavier et al. (2009) recomendam que as mudas tenham entre 20 e 40 cm de altura e, no mínimo, 2 mm de diâmetro, para que estejam aptas ao plantio no campo. Considerando estas informações, verifica-se que, todas as mudas, em todos os tratamentos, estariam aptas ao plantio. Porém, as mudas em T4 podem ter atingido este porte em menos tempo, o que é mais interessante dentro de um viveiro.

Outros autores têm demonstrado que a elevação da saturação por bases e adubação fosfatada atuam positivamente no crescimento de mudas de espécies florestais. Tucci et al. (2007) constataram em seu estudo que, em geral, os maiores valores em altura, diâmetro e biomassa foram observados com a fosfatagem corretiva e sua combinação com a calagem. Sendo a fosfatagem, segundo estes autores, primordial para a produção de mudas de *S. macrophylla*. Portanto, semelhante ao observado no presente caso. Em outro caso, Cardoso et al. (2015) observaram que, o fornecimento de doses crescentes de P e calcário afetaram positivamente o crescimento inicial e o acúmulo de nutrientes em mudas de *S. macrophylla*, todavia, sem apresentar interações entre si. Macedo e Teixeira (2012) também verificaram a influência da adição de calcário e de P, ao substrato, para o crescimento das mudas de *Eugenia stipitata*. E, em estudo de Franzini et al. (2016), a aplicação de calcário e fertilizante fosfatado melhorou o desenvolvimento de mudas de *Astrocaryum vulgare* quando cultivadas em um solo ácido e com baixo teor de P disponível.

O efeito positivo do calcário nas variáveis de crescimento, provavelmente está relacionado à maior absorção de nutrientes proporcionada pela correção da acidez do solo (CARDOSO et al., 2015). Além disso, a adição de calcário promove vários efeitos em solos ácidos e, por isso, resulta em múltiplas interações com outros fatores de produção, com destaque para o aumento do aproveitamento do P nativo do solo ou de fertilizantes fosfatados solúveis em água (RAIJ, 2011).

Para a produção de massa seca não se observou significância entre as médias, como comentado anteriormente, porém, verifica-se que, a massa seca das folhas, em T4 foi 18,4% superior a média em T0 (testemunha). Uma resposta interessante da adição de calcário e de adubo fosfatado ao solo utilizado como substrato, porque a massa foliar se relaciona com a capacidade fotossintética da planta, que se refletirá em maior crescimento posterior. Segundo Cruz et al. (2004) um maior peso de matéria seca de folhas é interessante para um melhor desenvolvimento das mudas, pois representa maior capacidade fotossintética e maior vigor. Por isso, a produção de massa seca é uma das melhores características para avaliar a qualidade das mudas, apesar de destrutiva (FERNANDES et al., 2019).

Essa característica indica a rusticidade de uma muda, sendo que os maiores valores representam muda mais lignificada e rústica, com maior potencial de produção em ambientes com condições adversas (GOMES e PAIVA, 2011). Porém, Silva et al. (2011) também não observaram ganhos significativos em produção de massa seca para as mudas de *S. macrophylla* em substrato com adição de calcário e de adubo fosfatado.

Já a média para massa do caule foi 28,8% superior em T4 em relação à do tratamento testemunha; enquanto a média para a massa seca da raiz foi 55% superior em T4. Dessa forma, a média para a produção de massa seca total em T4 apresentou incremento de 26,1% em relação ao tratamento testemunha. Segundo Mafia et al. (2005) a produção de massa de raízes tem estreita relação com a sobrevivência das mudas após o plantio, pois mudas com sistema radicular mais desenvolvido resistem mais ao estresse do plantio, além de ter maior capacidade de absorver água e nutrientes. O melhor crescimento da raiz é importante para dar suporte à massa verde produzida pelas plantas, sendo esse crescimento em consequência da qualidade dos substratos (propriedades químicas e físicas)

(CARNEIRO, 1995). Já que, a geometria das raízes influencia o crescimento da planta e a aquisição de nutrientes (STAHL et al., 2013).

Corroborando que o tratamento 4 proporcionou as melhores condições para o crescimento das mudas de mogno brasileiro e que, para que se tenha uma muda de melhor qualidade, com crescimento e produção de massa seca ocorrendo de forma mais equilibrada, por isso, o viveirista deverá optar pela calagem e adubação, caso o solo (in natura) seja o substrato utilizado para a produção de mudas dessa espécie.

De acordo com Gomes e Paiva (2011) o adequado suprimento em P no início do crescimento da planta é importante para a formação dos primórdios vegetativos, uma vez que as raízes de plantas jovens absorvem fosfato mais rapidamente que raízes de plantas mais velhas. Porém, neste caso, não houve efeito significativo, o que, conforme Macedo e Teixeira (2012) pode ter ocorrido em função da localização do adubo, que deve estar presente em todo o solo do recipiente, para que a planta cresça e produza mais massa, na busca pela absorção deste elemento. Freitas et al. (2017a) também não observaram influência da calagem na produção de massa seca de mudas de *Cassia grandis*; assim como Ros et al. (2019) ao estudar a calagem e a adubação para a produção de mudas de *Khaya ivorensis*.

Na tabela 4 estão apresentadas as relações entre as características morfológicas discutidas anteriormente, como H/DC, H/MSPA, MSPA/MSPR e o índice de qualidade de Dickson (IQD). Verifica-se que, as médias não foram significativas para as relações H/MSPA e MSPA/MSPR.

**Tabela 4. Relação altura/diâmetro de colo (H/DC), relação altura/massa seca da parte aérea (H/MSPA), relação massa seca da parte aérea/massa seca da parte radicular (MSPA/MSPR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *S. macrophylla* após crescimento em diferentes composições de substratos**

Tratamento	H/DC	H/MSPA	MSPA/MSPR	DICKSON
T0	11,49 a	10,87 a	5,52 a	0,30 b
T1	10,54 b	8,54 a	5,22 a	0,38 b
T2	10,27 b	8,88 a	13,46 a	0,36 b
T3	9,63 c	8,71 a	5,57 a	0,37 b
T4	10,37 b	8,99 a	3,98 a	0,47 a
T5	8,49 d	8,44 a	3,99 a	0,52 a
T6	9,16 c	8,20 a	4,29 a	0,46 a
CV (%)	6,5	24,6	13,7	27,1

T0 – 100% solo; T1 – 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T2 – 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T3 – 200 mg dm<sup>-3</sup> P; T4 – V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P; T5 – V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P; T6 – V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P. Médias seguidas de mesma letra, em coluna, não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em geral, para as características morfológicas que são denominadas como relações, esperam-se, valores numéricos que são os menores possíveis para a características que estão sendo analisadas. Isso porque, esses valores obtidos indicarão a maior ou menor diferença entre estas características.

Seguindo este princípio, verifica-se que, para a relação H/DC, a maior média foi obtida em T0 (testemunha), enquanto, para os tratamentos com adição de adubo fosfatado e/ou calcário, as médias foram menores. Neste caso, o resultado obtido em T0 indicam que este não foi favorável para o crescimento das mudas. Enquanto a menor média foi obtida em T5 (V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P), possivelmente, em função do crescimento em diâmetro, que se destacou nesse tratamento. Já em T4 (V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P), onde se obteve as maiores médias para o crescimento em altura e em diâmetro, a média ficou em 10,37, provavelmente em função da maior média em altura.

Segundo Moreira e Moreira (1996) a relação H/D indica o padrão de qualidade das mudas e, pode ser utilizada para avaliar a qualidade das mudas florestais, pois, além de refletir o acúmulo de reservas, assegura maior resistência e melhor fixação no solo (ARTHUR et al., 2007). Para Sturion e Antunes

(2000), quanto menor a razão entre altura e diâmetro, maiores as chances de sobrevivência da planta no campo. Dessa forma, os resultados obtidos indicam um crescimento menos equilibrado entre altura e parte radicular das mudas de *S. macrophylla* em T0, característica que não se deseja quando o objetivo é produzir mudas de qualidade para o plantio no campo.

Para a relação H/MSPA não se observou diferença entre as médias, porém, a média em T0 (testemunha) foi 17,3% superior em relação à média em T4 (V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P). Isso indica uma tendência para a maior diferença entre o crescimento na parte aérea e a produção de massa seca na parte aérea. De acordo com Gomes e Paiva (2011), quanto menor o quociente obtido dessa relação, mais lenhificada será a muda e maior deverá ser sua sobrevivência no campo. Portanto, essa característica em T0 não é interessante porque, espera-se que, a medida que a planta cresce, ela produza massa, para conseguir se manter vigorosa e menos propensa às intempéries ambientais no campo.

As médias para a relação MSPA/MSPR também não foram significativas, porém, a média em T0 (testemunha) foi 27,8% maior que a média em T4 (V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P), corroborando os dados anteriormente discutidos e que indicam as melhores condições após a melhoria da fertilidade do solo, quando este é utilizado como substrato para a produção de mudas de *S. macrophylla*. Esses dados confirmam que há a necessidade de complementação, porque o solo como único substrato, não possui as condições nutricionais adequadas para a produção de mudas, ainda mais quando se deseja obter mudas de qualidade para plantios comerciais.

As melhores condições para o crescimento das mudas de *S. macrophylla* ficam mais evidentes quando se analisa o IQD. De acordo com Fonseca et al. (2002), o IQD é um cálculo confiável para indicar a qualidade das mudas porque, para isso, são considerados, a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das mudas, ponderando os resultados de vários atributos empregados na avaliação da qualidade dessas mudas. Dessa forma, quanto maior o valor do IQD, melhor o padrão de qualidade das mudas a serem levadas para o plantio em campo (GOMES e PAIVA, 2011). Neste caso, as médias em T4 (V50% + 100 mg dm<sup>-3</sup> P), T5 (V50% + 150 mg dm<sup>-3</sup> P) e T6 (V50% + 200 mg dm<sup>-3</sup> P) foram as maiores. Sendo que, o IQD médio, em T4 foi 36,2% superior em relação ao IQD médio em T0 (testemunha). Corroborando a necessidade de calcarear e adubar o solo para garantir a produção de mudas de *S. macrophylla* de melhor qualidade.

#### 4 CONCLUSÕES

O solo, in natura, não é recomendado para a produção de mudas de *S. macrophylla*.

A adição de calcário para a elevação da saturação por bases para 50% e a adubação com 100 mg dm<sup>-3</sup> de P proporcionou as melhores condições para o crescimento e produção de massa seca das mudas de *S. macrophylla*.

#### 5 REFERÊNCIAS

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

ARTHUR, G.A.; CRUZ, P.C.M.; FERREIRA, E.M. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.843-850, 2007.



BERNARDINO, D.C.S.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; MARQUES, V.B. Crescimento e qualidade de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan em resposta à saturação por bases do substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.6, p.863-870, 2005.

CARDOSO, A.A.S.; SANTOS, J.Z.L.; TUCCI, C.A.F.; FARIAS, E.P.; MOURA, R.P.M. Influência da acidez e do teor de fósforo no solo no crescimento inicial do mogno. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.35, n.81, p.1-10, 2015.

CARLOS, L.; VENTURIN, N.; VENTURIN, R.P.; ALVES, J.M.; SILVA, P.O. Liming and phosphating in *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. seedlings. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.25, n.4, p.1-10, 2018.

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

CARVALHO, P. E. R. **Mogno: *Swietenia macrophylla***. Embrapa Florestas: Embrapa, 2007. 12p. (Circular Técnica, n.140).

COSTA FILHO, R. T.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. Calagem e adubação fosfatada no crescimento de mudas de *Mimosa caesalpinifolia* Benth. em Latossolo vermelho-amarelo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 89-98. 2013.

CRUZ, C.A.F.; PAIVA, H.N.; GOMES, K.C.O.; GUERRERO, C.R.A. Efeito de diferentes níveis de saturação por bases no desenvolvimento e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.66, p.100-107, 2004.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p.91-132.

DUTRA, T.R.; MASSAD, M.D.; SARMENTO, M.F.Q.; MATOS, P.S.; OLIVEIRA, J.C. Crescimento de mudas de umburana (*Amburana cearensis*) em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n.4, p.42-52, 2015.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13. 1960.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

FERNANDES, M.C.O.C.F.; FREITAS, E.C.S.; PAIVA, H.N.; OLIVEIRA NETO, S.N. Crescimento e qualidade de mudas de *Citharexylum myrianthum* em resposta à fertilização nitrogenada. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.6, n.1, p.507-513, 2019.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, 2002.

FRANZINI, V.I.; SILVA, A.R.B.; TAVARES, D.S.; MACIEL, J.B. Resposta de mudas de tucumã à aplicação de doses de calcário e fósforo. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.13, n.23, p.1181-1194, 2016

FREITAS, E.C.S.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA NETO, S.N. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.27, n.2, p.509-519, 2017a.

FREITAS, E.C.S.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; OLIVEIRA NETO, S.N. Effect of phosphate fertilization and base saturation of substrate on the seedlings growth and quality of *Plathymenia foliolosa* Benth. **Revista Árvore**, Viçosa, v.41, n.1, p.1-9, 2017b.

GOMES, J.M.; SILVA, A.R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J.G.; MARTINEZ, H.E.P.; PEDROSA, M.W.; SEDIYAMA, M.A.N. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos**. Viçosa: UFV, 2004, p. 190-225.

GOMES, K.C.O.; PAIVA, H.N.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; SILVA, S.R. Influência da saturação por bases e do fósforo no crescimento de mudas de angico-branco. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.785-792, 2004.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais**. Viçosa: Editora UFV, 2011. 116p. (Série Didática).

GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. G.; MORAES NETO, S. P.; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. cap.11, p. 309 - 350.

MACEDO, S.T.; TEIXEIRA, P.C. Calagem e adubação fosfatada para formação de mudas de arará-boi. **Acta Amazônica**, Manaus, v.42, n.3, p.405-412, 2012.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L.; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 947-953, 2005.

MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, F. W. Característica de germinação de 64 espécies de leguminosas florestais nativas da Amazônia, em condições de viveiro. **Acta Amazônica**, 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, 1994.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

ROS, C.O.; SESTARI, G.; JAEGER, C.; OLIVEIRA, E.H.; WEBER, M.L.; SILVA, R.F.; TORCHELSEN, M. Efeito da calagem e da adubação fosfatada no crescimento inicial e na nutrição das plantas de *Khaya ivorensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.47, n.123, p.430-439, 2019.

SANTOS, R. A.; TUCCI, C. A. F.; HARA, F. A. S.; SILVA, W. G. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazônica**, v.38, n.3, p.453-458, 2008.

SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z.R.H.; SOUZA, P.R. **Manual de Produção de mudas de espécies florestais nativas**. Campo Grande: Editora UFMS, 2006. (Rede de Sementes do Pantanal, n. 2).

SILVA, T. A. F.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; BATISTA, I. M. P.; MIRANDA, J. F.; SOUZA, M. M. Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla*. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p. 459-470. 2011.

SILVA, P. M. C.; UCHÔA, S. C. P.; BARBOSA, J. B. F.; BASTOS, V. J.; ALVES, J. M. A.; FARIAS, L. C. Efeito do potássio e do calcário na qualidade de mudas de cedro doce (*Bombacopsis quinata*). **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 7, n. 1, p. 63-69. 2013.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do cerrado**. Piracicaba: Potafos, 2003. 16p. (Encarte do Informações Agronômicas, n.102).

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

STAHL, J.; ERNANI, P. R.; GATIBONI, L. C.; CHAVES, D. M.; NEVES, C. U. Produção de massa seca e eficiência nutricional de clones de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus benthamii* em função da adição de doses de fósforo ao solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.23, n.2, p.287-295, 2013.

STURION, J. A.; ANTUNES, B. M. A. Produção de mudas de espécies florestais. In: GALVÃO, A. P. M. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Colombo: 2000. p. 125-150.

TUCCI, C.A.F.; SOUZA, P.A.; VENTURIN, N.; BARROS, J.G. Calagem e adubação para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Cerne**, Lavras, v.13, n.3, p.299-307, 2007.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa: UFV, 2009. 272p.