

Doses de Adubo Nitrogenado nas Características Morfofisiológicas de Mudanças de Mogno Brasileiro

Nitrogenated Fertilizer Doses in the Morphophysiological Characteristics of Brazilian Mahogany Seedlings

Maike Augusto Aguiar Ferreira^a; Cristiane Ramos Vieira^{*b}; Maicon Marinho Vieira Araujo^c

^aUniversidade de Cuiabá. Curso de Agronomia. MT, Brasil.

^bUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

^cUniversidade de Cuiabá. MT, Brasil.

*E-mail: cris00986@hotmail.com

Resumo

O mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) é uma espécie florestal de importância para o comércio madeireiro. No entanto, para que se tenha um plantio com árvores produzindo madeira de qualidade, é necessário que se conheça a dose de nitrogênio (N) adequada para o crescimento das mudas. Para tanto, estabeleceu-se o experimento com o objetivo de avaliar o desenvolvimento inicial de mudas de mogno brasileiro, morfológico e fisiológico, em solo com diferentes doses de nitrogênio (N). As mudas de mogno brasileiro foram produzidas em tubetes preenchidos com solo e, ao atingirem cerca de 10 cm de altura, foram transplantadas para os tratamentos testados. O solo utilizado no experimento foi calcareado e incubado, em seguida, foi utilizado para preencher as sacolas plásticas para as quais as mudas foram transplantadas. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo: T0 – sem adubação; T1 – 50 mg dm⁻³; T2 – 100 mg dm⁻³; T3 – 150 mg dm⁻³; T4 – 200 mg dm⁻³. Após transplante, o solo recebeu a adubação nitrogenada, conforme as doses testadas e, a complementação com os demais nutrientes. Essas mudas passaram por período de adaptação e, ao final de 90 dias, realizou-se as medições. O maior crescimento e produção de massa seca foi observado na dose de 150 mg dm⁻³ de N. Esse resultado está relacionado com o aumento na taxa líquida fotossintética, condutância estomática, transpiração e concentração de CO₂, em condições adequadas, para as mudas dessa espécie.

Palavras-chaves: Ureia. Fertilização. Produção de Mudanças. *Swietenia macrophylla*.

Abstract

The Brazilian mahogany (*Swietenia macrophylla*) is an important forest species for the timber trade. However, in order to plant trees producing quality wood, it is necessary to know the dose of nitrogen (N) adequate to the seedling growth. For this, the experiment was established with the objective of evaluating the initial development of Brazilian mahogany seedlings, morphological and physiological, in soil with different N doses. The Brazilian mahogany seedlings were produced in tubetes with soil and, when they reached about 10 cm in height, they were transplanted for the treatments tested. The soil used in the experiment was limed and incubated, then used to fill the plastic bags into which the seedlings were transplanted. The design used was completely randomized with five treatments and five replications, as follows: T0 – no fertilization; T1 – 50 mg dm⁻³; T2 – 100 mg dm⁻³; T3 – 150 mg dm⁻³; T4 – 200 mg dm⁻³. After transplanting, the soil received nitrogen fertilization, according to the doses tested, and supplementation with other nutrients. These seedlings underwent an adaptation period, and at the end of 90 days, measurements were performed. The greatest growth and production of dry mass was observed at the dose of 150 mg dm⁻³ of N. This result is related to the increase in the net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration and CO₂ concentration, under suitable conditions, for the seedlings of this species.

Keywords: Urea. Fertilization. Seedling Production. *Swietenia macrophylla*.

1 Introdução

A *Swietenia macrophylla* é uma espécie florestal da família Meliaceae conhecida como mogno ou mogno-brasileiro, com ocorrência natural em latitudes de 20° N no México (Yucatán) até 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 em toda a sua extensão natural, desde o México até ao Brasil, o que colocou a *S. macrophylla* na lista das espécies vulneráveis à extinção (SANTOS *et al.*, 2008). Justificando-se assim, a necessidade de reposição da

espécie em áreas nativas, mediante recuperação.

No entanto, o plantio para recomposição ou para cunho comercial, requer a produção de mudas de qualidade. Produzir mudas de qualidade requer informações cada vez mais específicas a respeito das etapas do processo de produção. Uma dessas etapas é a complementação nutricional do substrato em quantidades necessárias para o crescimento das plantas, principalmente, quando se utiliza, para a produção de mudas, substratos como o solo em condições naturais.

Segundo o que é relatado por Freitas *et al.* (2017), entre os substratos utilizados para a produção de mudas de espécies arbóreas, 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. 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 chance de sobrevivência após o transplante é através de uma nutrição equilibrada, utilizando-se das adubações minerais. Outra característica que deve ser considerada para designar se um determinado substrato é de qualidade, é a sua capacidade de alterar as características fisiológicas das plantas. De acordo com Mondini *et al.* (2019) as alterações funcionais nas plantas pela aplicação de diferentes adubos podem ser investigadas por meio de ferramentas não destrutivas envolvidas direta ou indiretamente ao processo fotossintético.

Dentre os elementos considerados nutrientes para as plantas, está o nitrogênio (N) que, geralmente, é o mais absorvido, já que grandes quantidades de N são requeridas pelas plantas, principalmente na fase inicial de seu desenvolvimento (MARSCHNER, 1995). O N faz parte de componentes da célula e participa de processos como absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (Taiz e Zeiger, 2013), por isso, ele é essencial para o desenvolvimento da muda.

Algumas pesquisas têm contribuído para demonstrar a importância do N no crescimento das plantas durante o processo de produção das mudas. Belapart *et al.* (2013) recomendaram as doses de 224 e de 448 mg dm⁻³ de N para mudas de *Calophyllum brasiliense*. Falcão Neto *et al.* (2014) recomendaram a dose de 75 mg dm⁻³ de N para mudas de *Dipteryx lacunifera*. Enquanto Goulart *et al.* (2017) recomendaram 100 mg dm⁻³ de N para mudas de *Tabebuia serratifolia*. Outros autores também têm observado a importância da adubação nitrogenada para produção de mudas de espécies florestais, como Ciriello *et al.* (2014), Moretti *et*

al. (2015) e Cardoso *et al.* (2016).

Diante disso, o objetivo do presente experimento foi analisar o crescimento, quanto à morfologia e fisiologia, das mudas de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) em substrato adubado com diferentes doses de N.

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.

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 e as sementes retiradas. Em seguida, essas sementes foram colocadas para germinar em tubetes com capacidade para 240 cm³ preenchidos com solo. Quando as mudas atingiram 10 cm de altura foram transplantadas para os recipientes definitivos.

O solo utilizado no experimento foi o Latossolo Vermelho distrófico com textura franco arenosa, coletado em área de Cerrado nativo pertencente ao Instituto Federal de Mato Grosso, campus de São Vicente da Serra. Após coleta, uma amostra do solo foi retirada, seca ao ar, peneirada em malha de 2 mm e enviada ao laboratório para a caracterização química e física, que está apresentada no Quadro 1. Esse solo foi utilizado para preencher as sacolas plásticas de 30x40cm, com capacidade para um quilo, para as quais as mudas foram transplantadas.

Quadro 1 - Análises química e física do solo

pH	K	P	H+Al	Al	Ca	Mg	SB
CaCl ₂	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				
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 _c dm ⁻³	%		g kg ⁻¹				
9,02	3,02	30,71	8,28	34,61	538	54,30	407,70

pH em CaCl₂ – relação 1 (água):2,5 (CaCl₂); H+Al – hidrogênio (H) + alumínio (Al), extraídos em acetato de cálcio; Al, Ca e Mg – alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), extraídos em KCl 1N; P e K – fósforo (P) e potássio (K), extraídos em Mehlich; SB – soma de bases (Ca+Mg+K) (em cmol_c dm⁻³); T – capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (SB+H+Al); t – CTC (capacidade de troca de cátions) efetiva (SB+Al); V – saturação por bases (SB x 100/T), em %; m – saturação por Al (m x 100/t), em %; MO – Matéria orgânica a partir da queima em mufla, em g kg⁻¹; Areia, silte e argila – método do densímetro, em g kg⁻¹.

Fonte: dados da pesquisa.

Esse solo foi calcareado com calcário dolomítico, 79% PRNT, anteriormente à adição dos adubos nitrogenados, e mantido em incubação por sete dias, sob irrigação diária. A quantidade de calcário (Quadro 2) aplicada foi calculada com base na análise de solo, seguindo o método da elevação da saturação por bases para 50%.

Quadro 2 - Características químicas e físicas do calcário utilizado

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

Legenda: CaO – óxido de cálcio, em %; MgO – óxido de magnésio, em %; PN – poder de neutralização, em %; PRNT – poder relativo de neutralização total, em %

Fonte: dados da pesquisa.

Após incubação, foi efetuado o transplante das mudas para as sacolas plásticas com solo previamente preparado, onde permaneceram por 10 dias em período de adaptação. Transcorridos 10 dias, realizou-se as aplicações de soluções contendo os macronutrientes (exceto N): 300 mg.dm⁻³ de P utilizando KH₂PO₄; 140 mg.dm⁻³ de K utilizando KCl e K₂SO₄ (100 mg.dm⁻³ de KCl e 40 mg.dm⁻³ de K₂SO₄), de acordo com Passos (1994). E, os micronutrientes, segundo método de Alvarez (1974): 0,81 mg.dm⁻³ de B, 3,66 mg.dm⁻³ de Mn, 4,0 mg.dm⁻³ de Zn, 1,33 mg.dm⁻³ de Cu e 0,15 mg.dm⁻³ de Mo, tendo como fontes H₃BO₃, MnCl₂.4H₂O, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O e (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O, respectivamente.

Após as aplicações das soluções nutritivas, foram aplicadas as doses de N, sendo: T0 – sem adição de N; T1 – 50 mg dm⁻³ N; T2 – 100 mg dm⁻³ N; T3 – 150 mg dm⁻³ N; T4 – 200 mg dm⁻³ N. Essas doses foram testadas tendo como fonte a ureia (45% N), em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições.

Ao final de 90 dias, as características fisiológicas foram avaliadas, a partir de três plantas ainda vivas de cada tratamento, sendo: a taxa fotossintética líquida (A), a taxa transpiratória (E), a condutância estomática (gs) e a concentração intercelular de CO₂ (Ci). A eficiência intrínseca no uso de água (EIUA) foi obtida pela relação A/gs. Essas características foram medidas com o auxílio de um sistema portátil de medição de fotossíntese, modelo LI-6400 XP (LICOR, Lincoln, NE, EUA). Para as medições, o aparelho foi ajustado para a temperatura de 28°C, umidade relativa de 60% e densidade de fluxo fotossinteticamente ativo de 1000 μmol m⁻² s⁻¹. Foram realizadas na primeira ou segunda folha totalmente expandida, a partir do ápice caulinar (geralmente a quarta ou quinta folha), exposta à radiação solar e sem comprometimento fitossanitário. E, ocorreram no período diurno, entre 07:00 e 11:00 h (horário local), registrando-se os valores apenas após a estabilidade da gs.

As características morfológicas foram avaliadas a partir de todas as plantas do experimento, sendo: altura da parte aérea (H), com régua graduada, medindo-se da base do solo até a última folha da planta; diâmetro de colo (DC), medindo-se com paquímetro digital; e a massa seca. Para análise da massa seca, as mudas foram seccionadas em parte aérea e parte radicular, levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante e, pesadas em balança semi-analítica.

Os dados foram interpretados por meio da análise de regressão linear, em seguida, os gráficos foram obtidos, utilizando o programa estatístico R, após constatação da sua normalidade. A análise de variância foi obtida e as médias comparadas utiliza-se o teste Tukey a 5% de probabilidade.

3 Resultados e Discussão

3.1 Características morfológicas de mudas de mogno brasileiro, submetidas a diferentes doses de N

Ao analisar o crescimento e desenvolvimento do mogno

brasileiro, quando submetido à adubação nitrogenada, observa-se que, apenas para o crescimento em altura não diferença entre as médias obtidas (Quadro 3) e, conseqüentemente, ajuste de equação linear (Figura 1).

Quadro 3 - Análise estatística para altura (H, em cm), diâmetro (DC, em mm), massa seca das folhas (MSF, em g), massa seca do caule (MSC, em g) e massa seca de raiz (MSR, em g) de mudas de mogno brasileiro (*S. macrophylla*) após submissão à diferentes doses de N

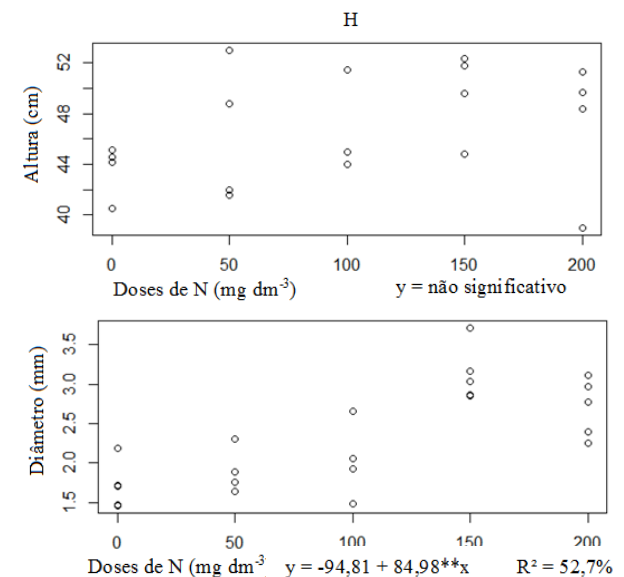
Dose (mg dm ⁻³)	H	DC	MSF	MSC	MSR
0	43,90 a	1,71 b	2,00 c	1,47 b	0,53 d
50	45,40 a	1,89 b	2,17 c	1,71 b	0,63 cd
100	45,90 a	2,04 b	2,93 bc	2,11 b	0,88 bc
150	50,08 a	3,12 a	4,12 a	3,79 a	1,71 a
200	47,36 a	2,70 a	3,83 ab	3,13 a	1,12 b
CV (%)	8,3	14,9	19,5	16,9	18,1

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

Para a altura (Quadro 3 e Figura 1), observou-se tendência de aumento no crescimento das mudas submetidas à dose de 150 mg dm⁻³ de N, com média de 50,08 cm, em comparação com 43,90 cm na testemunha, um aumento que corresponde a 12,3%, sem significância. Indicando que a adubação nitrogenada pode melhorar as condições para o crescimento em altura das mudas de mogno brasileiro e isso se refletiu no crescimento das mudas. Sabe-se que, a altura é uma das características morfológicas mais utilizadas para a recomendação de mudas ao plantio no campo, porque se trata de uma característica fácil de ser obtida e não destrutiva. O que foi relatado por Gomes e Paiva (2011) que complementam que essa característica se correlaciona positivamente com o crescimento no campo. Logo, é correto afirmar que, as mudas nos tratamentos com adição de N, seriam mudas mais aptas ao plantio no campo.

Figura 1 – Altura (H, em cm) e diâmetro de colo (DC, em mm) de mudas de mogno brasileiro (*S. macrophylla*) após submissão à diferentes doses de N



Fonte: dados da pesquisa.

Isso se confirma ao analisar o diâmetro de colo (Quadro 3), cujo crescimento foi maior para as mudas na dose de 150 mg dm⁻³ de N, com média de 3,12 mm, aumento de 45,19% em relação ao crescimento no tratamento testemunha, cuja média foi de 1,71 mm, sendo possível ajustar equação linear para este crescimento (Figura 1). O diâmetro de colo é uma característica morfológica que se relaciona com a capacidade de pegamento das mudas no campo, porque quanto maior o diâmetro, mais fácil será sua sobrevivência, considerando que mais forte será essa muda, dificultando possíveis danos mecânicos. Segundo Gomes e Paiva (2011), o diâmetro do coleto chega a explicar 70 a 80 % das diferenças que existem no peso de matéria seca das mudas. A haste e a região do colo espesso indicam a presença de substâncias de reserva nos tecidos internos da planta, sendo indicativo 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 (SCREMINDIAS *et al.*, 2006).

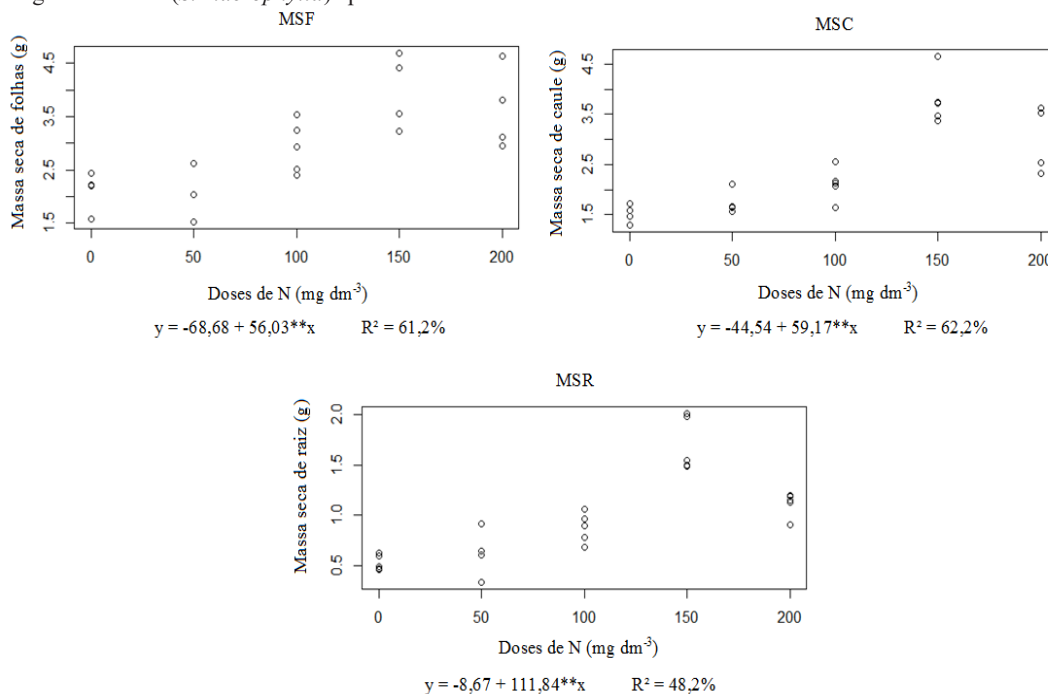
Com base na recomendação de Xavier *et al.* (2009), as mudas mais aptas ao plantio são as que apresentam intervalo de crescimento em altura entre 20 e 40 cm e diâmetro superior a 2 mm. Quanto à altura, todas as mudas estariam aptas. Porém, ao observar o crescimento em diâmetro, as mudas aptas seriam aquelas nos tratamentos testemunha, 150 mg dm⁻³ e 200 mg dm⁻³ de N. Corroborando o que se observou ao analisar o crescimento em altura, em que, o tratamento com 150 mg dm⁻³ seria o ideal para as mudas de mogno brasileiro.

Nesse sentido, se faz importante ressaltar que, mesmo que, as mudas nos demais tratamentos tenham se mostrado aptas para o plantio no campo, aquelas submetidas ao tratamento com 150 mg dm⁻³ de N, provavelmente, atingiu esses valores recomendados, em menos tempo que as demais. O que é mais interessante para um produtor já que, o que se espera é produzir mudas em menos tempo, principalmente quando se pensa que essas serão comercializadas.

Souza *et al.* (2010) estudaram as exigências nutricionais de mudas de mogno brasileiro e concluíram que, a omissão de N, não foi um fator limitante ao crescimento das mudas, e que, esses resultados podem ser explicados através do teor de matéria orgânica encontrado no solo utilizado para compor substrato. O que pode ter interferido, para o crescimento em altura, no presente caso. Nesse experimento, os autores verificaram as médias em altura que variaram de 16,4 cm a 30,2 cm e; em diâmetro, de 3,9 mm a 7,3 mm. Portanto, no presente caso, as mudas de mogno brasileiro apresentaram médias superiores em altura.

A produção de massa seca, seja nas folhas, no caule ou na raiz, foi superior para as mudas submetidas à dose de 150 mg dm⁻³ de N (Quadro 3), possibilitando o ajuste de equação linear (Figura 2). Corroborando os resultados observados para o crescimento em altura e em diâmetro. Isso porque, o N faz parte de vários compostos nas plantas, como aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila (Cantarella 2007), que influenciam no crescimento e na produção de massa seca das plantas.

Figura 2 – Massa seca folhas (MSF, em g), massa seca caule (MSC, em g) e massa seca raiz (MSR, em g) de mudas de mogno brasileiro (*S. macrophylla*) após submissão à diferentes doses de N



Fonte: dados da pesquisa.

A massa seca das folhas foi maior nas mudas submetidas ao tratamento com dose de 150 mg dm⁻³ de N, atingindo

média de 4,12 g, ao passo que, na testemunha, a massa seca das folhas apresentou média (2,00 g), um aumento de 51,46%

quando na dose de 150 mg dm⁻³. Essa característica indica maior capacidade fotossintética, por exemplo, no tratamento com dose de N, porque está relacionado com maior produção de folhas.

Para a massa seca do caule, a média na dose de 150 mg dm⁻³ foi de 3,79 g e, na testemunha, de 1,47 g, um aumento de 61,21%. Ao analisar a massa seca da raiz, a média na dose de 150 mg dm⁻³ foi de 1,71 g e, na testemunha, de 0,53, aumento de 69% ao aplicar N, que pode ter influenciado no crescimento das mudas, porque a massa de raízes está diretamente relacionada com a capacidade de absorção de água e de nutrientes dessas mudas. Isso é importante porque,

não basta crescer em altura, a planta deve produzir massa seca, para que suporte às intempéries ambientais às quais está sujeita após o plantio no campo.

3.2 Características fisiológicas de mudas de mogno brasileiro, submetidas a diferentes doses de N

Os resultados para as características fisiológicas estão apresentados no Quadro 4 e Figuras 3 e 4. Observa-se que foi possível o ajuste de equações lineares para todas as características estudadas, o que corrobora a influência das doses de N e que estas podem estar relacionadas com o crescimento e desenvolvimento das mudas de mogno brasileiro.

Quadro 4 - Análise estatística para taxa líquida fotossintética (A, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração intercelular de CO₂ (Ci, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), déficit de pressão de vapor (VpdL, em kPa) e taxa de transpiração (Trmmol, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de mudas de mogno brasileiro (*S. macrophylla*) após submissão à diferentes doses de N

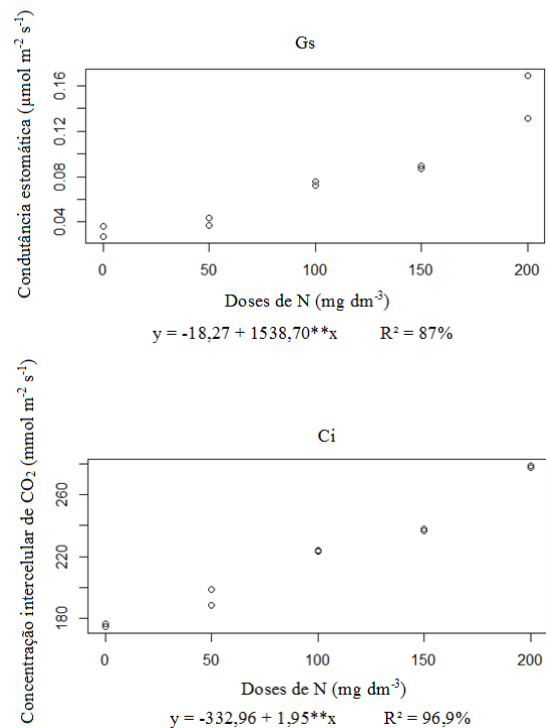
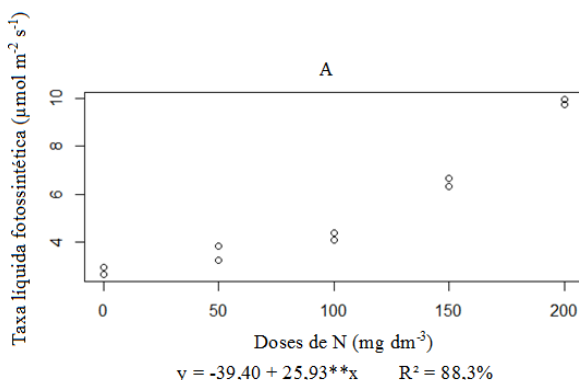
Dose (mg dm ⁻³)	A	gs	Ci	E	VpdL	Trmmol
0	2,79 e	0,03 c	175,69 e	0,91 e	2,03 d	26,54 c
50	3,52 d	0,04 c	193,58 d	1,29 d	2,24 c	27,00 bc
100	4,22 c	0,07 b	223,73 c	2,05 c	2,40 b	29,50 ab
150	6,48 b	0,09 b	237,23 b	2,21 b	2,90 a	31,45 a
200	9,86 a	0,15 a	278,06 a	2,78 a	2,96 a	29,21 abc
CV (%)	3,8	12,6	1,2	1,4	2,0	5,5

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: dados da pesquisa.

A maior taxa líquida fotossintética foi verificada para as mudas na dose de 200 mg dm⁻³, apesar de, em todos os tratamentos em que se acrescentou a adubação com N ter-se observado o aumento na taxa fotossintética (Figura 3). Nesse caso, as médias foram crescentes, conforme a dose de N aplicada. O que influenciou, por sua vez, no crescimento e na produção de massa das mudas de mogno brasileiro. Esse aumento na taxa fotossintética está relacionado com o aumento na concentração de CO₂ (Figura 3) que, aumentou a condutância estomática (Figura 3). Isso ocorreu, provavelmente, em função do aumento na taxa transpiratória (Figura 4) dessas mudas, já que a abertura dos estômatos facilita a entrada do CO₂, que, quando dentro do mesófilo foliar, aumenta a capacidade fotossintética da planta.

Figura 3 – Taxa fotossintética líquida (A, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (gs, em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração intercelular de CO₂ (Ci, em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de mudas de mogno brasileiro (*S. macrophylla*) após submissão à diferentes doses de N.



No entanto, a dose de 200 mg dm⁻³ de N não foi a que proporcionou as maiores médias para o crescimento em altura e diâmetro e, para a produção de massa seca, apesar de ter sido um dos tratamentos com as melhores condições para as mudas de mogno. Nesse caso, o tratamento que mais se destacou foi a dose de 150 mg dm⁻³. Dessa forma, podemos inferir que, a maior taxa fotossintética não foi, necessariamente, a que propiciou o maior desenvolvimento

das mudas, possivelmente, porque existem outros fatores que interferem nesse desenvolvimento, como a nutrição.

Sendo assim, as condições observadas para as mudas na dose de 150 mg dm⁻³ parecem ter sido as mais favoráveis para o mogno brasileiro, para as quais o aumento na taxa líquida fotossintética foi de 56,9%, em comparação com o tratamento testemunha, provavelmente, proporcionado pela adição de N ao substrato. Sabe-se que, o N faz parte de vários compostos nas plantas, como a clorofila, por isso, essa influência nessa característica fisiológica, se refletiu em maior crescimento e produção de massa seca. Kirschbaum (2011) corrobora a importância da fotossíntese para o crescimento das plantas, quando enfatiza que, 30% de aumento na taxa fotossintética pode resultar em aumento de 10% no crescimento das plantas. Além disso, o incremento na matéria das folhas é um fator significativo no crescimento vegetal, uma vez que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese (TATAGIBA *et al.*, 2015).

Chapin *et al.* (1988) também observaram influência da adubação nas características fisiológicas das plantas. Esses autores constaram que, nos solos que recebem adubação nitrogenada, a maior transpiração implicou em maior condutância estomática, que melhorou o transporte do nitrato absorvido na raiz para a parte aérea via xilema. Nesse experimento, a condutância estomática também foi menor em plantas quando cultivadas em solos com menores teores N, semelhante aos resultados observados para o presente caso. Estudando plantas de tomate e seu crescimento em solo adubado com N, Tavares (2006) verificou que, as plantas do cultivo em solo não adubado, tiveram, em função da baixa condutância estomática, menores taxas de transpiração e concentração interna de CO₂, quando comparadas às plantas que receberam adubação nitrogenada. Resultados que também se assemelham ao observado para o mogno brasileiro.

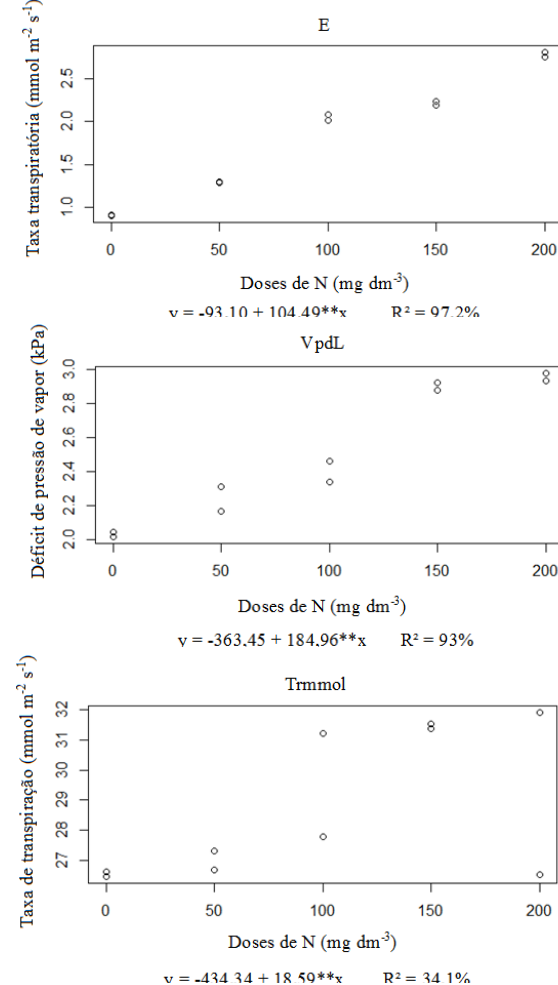
Portanto, a condutância estomática também apresentou aumento, como relatado anteriormente, com a adição de N ao solo, em função do aumento da concentração de solutos, proporcionado pelas condições nutricionais favorecidas pelo incremento de N ao solo utilizado como substrato; e pelo aumento na entrada de CO₂, em função da abertura dos estômatos. De acordo com McDermitt (1990) a condutância estomática foliar pode ser entendida como a taxa de passagem de vapor de água pelos estômatos das folhas. Sendo, a abertura estomática, a principal via pela qual há troca de CO₂ da atmosfera para as folhas. Desta forma, a abertura dos estômatos é controlada por mecanismos complexos a fim de manter um equilíbrio entre a absorção de CO₂ e o controle da perda de vapor de água (TAIZ; ZEIGER, 2013). Esse funcionamento dos estômatos constitui um comprometimento fisiológico, pois, quando abertos, permitem a assimilação de CO₂ e a perda de H₂O. Fechando-se, reduz a entrada de CO₂ para os sítios de carboxilação da rubisco no interior dos cloroplastos e conservam H₂O, reduzindo o risco de desidratação (TATAGIBA *et al.*, 2015).

Esse aumento, quando se tratando das mudas de mogno brasileiro foi mais favorável na dose de 150 mg dm⁻³ e foi de 63,67%; 25,94%; e de 58,82%; para a condutância estomática,

concentração de CO₂ e taxa transpiratória, respectivamente, em comparação com o apresentado pelas mudas no tratamento testemunha. Ressalta-se que, nesse caso, o aumento na taxa transpiratória não afetou o crescimento das mudas, também, em função da disponibilidade regular de água, via irrigação. Isso, provavelmente, teve influência na absorção de nutrientes, já que essa só se faz com os elementos dissolvidos em água, auxiliando, dessa forma, no desenvolvimento das mudas de mogno.

Sendo assim, enfatiza-se que, a umidade do solo é um dos fatores que podem contribuir positivamente ou não, para a produção de mudas. Nesse sentido, verifica-se que o déficit de pressão de vapor (Figura 4), também aumentou com o aumento das doses de N, sendo, igual (estatisticamente) para as mudas nas doses de 150 e de 200 mg dm⁻³ de N. Porém, esse aumento, não parece ser prejudicial para as mudas de mogno, já que, nessas doses se observou o maior desenvolvimento. Essa resposta favorável, mesmo em plantas com as maiores médias para a característica déficit de pressão de vapor, pode estar relacionada com a condição de umidade do solo, já que este recebeu irrigação diária e, portanto, não foi limitado por este fator.

Figura 4 – Taxa transpiratória (E, em mmol m⁻² s⁻¹), déficit de pressão de vapor (VpdL, em kPa) e taxa de transpiração (Trmmol, em mmol m⁻² s⁻¹) de mudas de mogno brasileiro (*S. macrophylla*) após submissão à diferentes doses de N.



Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com Mariano *et al.* (2009) a disponibilidade reduzida de água no solo provoca reduções nos valores de condutância estomática e taxa de transpiração devido ao fechamento estomático, ocorrendo, conseqüentemente, redução na taxa fotossintética. O que provocaria redução na capacidade de absorver água e nutrientes, e conseqüentemente, reduziria o desenvolvimento das mudas.

A maior taxa de transpiração (Figura 5) foi observada em mudas submetidas à dose de 150 mg dm⁻³, porém, com médias que variaram pouco entre si, de 26,5 mmol m⁻² s⁻¹ nas plantas na dose de 0 mg dm⁻³ a 31,4 mmol m⁻² s⁻¹ nas plantas na dose de 150 mg dm⁻³. Comprovando que, as plantas crescidas em solo acrescido de N, transpiraram mais, porém, isso não se caracterizou como um resultado desvantajoso da adubação, porque as plantas não apresentaram características morfológicas desfavoráveis ao seu crescimento. Pelo contrário, isso pode indicar que as condições do substrato foram de adequada disponibilidade de água, o que favoreceu o fluxo de massa e, conseqüentemente, o melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

4 Conclusão

A adubação nitrogenada, tendo como fonte a ureia, promove influência nas características morfológicas e fisiológicas das mudas de mogno brasileiro, de forma a aumentar a taxa fotossintética, taxa de transpiração, taxa transpiratória, condutância estomática, concentração intracelular de CO₂ até a dose de 150 mg dm⁻³ de N, que foi considerada adequada para o mogno brasileiro.

O maior crescimento e produção de massa seca foi observado na dose de 150 mg dm⁻³ de N.

Referências

ALVAREZ, V. H. *Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofres em dois latossolos de Minas Gerais*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1974.

BELAPART, D. *et al.* Efeito de diferentes doses de nitrogênio e cálcio no desenvolvimento inicial do guanandi. *Uni. Cienc.*, v.22, n.1-2, p. 71-77, 2013.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F. *et al.* *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p.376-449.

CARDOSO, A.A.S. *et al.* Respostas nutricionais de mudas de sumaúma à adubação nitrogenada, fosfatada e potássica. *Cienc.*, v. 44, n. 3, p. 421-430, 2016. doi: 10.15361/1984-5529.2016v44n3p421-430

CARVALHO, P. E. R. *Mogno: Swietenia macrophylla*. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

CHAPIN, F.S.; WALTER, C.H.S.; CLARKSON, D.T. Growth response of barley and tomato to nitrogen stress and its control by abscisic acid, water relations and photosynthesis. *Pla.*, n. 173, p. 352-366, 1988.

CIRIELLO, V.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C. Doses de nitrogênio no crescimento inicial e nutrição de plantas de guanandi. *Cer.*, v.20, n.4, p.653-660, 2014. doi: 10.1590/01047760201420041445

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal

of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. *For. Chr.*, v. 36, p. 10-13. 1960.

DUTRA, T. R. *et al.* Crescimento de mudas de umburana (*Amburana cearensis*) em resposta à adubação com nitrogênio e fósforo. *Agro. Cienc. Sem.*, v.11, n.4, p.42-52, 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v11i4.694>

FALCÃO NETO, R. *et al.* Estado nutricional de mudas de castanha-do-gurguéia em função de adubação nitrogenada e tratamento de substrato. *Mag.*, v. 26, n.1, p.28-37, 2014.

FERRAZ, R.L.S. *et al.* Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Pesq. Agrop. Trop.*, v.42, n.2, p.181-188, 2012. doi: 10.1590/S1983-40632012000200010

FREITAS, E.C.S. *et al.* Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. *Cienc. Flo.*, v.27, n.2, p.509-519, 2017. doi: 10.5902/1980509827732

GLASS, A.D.M. *Plant nutrition*. An introduction to current concepts. Boston: Jones & Barlett Publishers, 1989.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. *Viveiros florestais*. Viçosa: Editora UFV, 2011.

GOULART, L.M.L. *et al.* Produção de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em resposta a fertilização nitrogenada. *Flo. Amb.*, v.24, p.1-9, 2017. doi: 10.1590/2179-8087.137315

KIRSCHBAUM, M.U.F. Does enhanced photosynthesis enhance growth? Lessons learned from CO₂ enrichment studies. *Pla. Phy.*, v.155, n.1, p.117-124, 2011. doi: 10.1104/pp.110.166819

MARIANO, K. R. *et al.* Fotossíntese e tolerância protoplasmática foliar em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. submetida ao déficit hídrico. *Rev. Caa.*, v.22, n.1, p. 72-77, 2009.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. New York: Academic Press, 1995.

McDERMITT, D.K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. *Hort.*, v.25, n.12, p.1538-1548, 1990.

MONDINI, D.P.S. *et al.* Características fisiológicas de mudas de *Eucalyptus* sp. sob diferentes concentrações de potássio. *Rev. Agr.*, v.12, n.43, p.40-47, 2019. doi: 10.30612/agrarian.v12i43.4065

MORETII, B.S. *et al.* Nitrogen, potassium and phosphorous fertilizer suggestions for australian red cedar in Oxisol. *Flo.*, v.45, n.3, p.599-608, 2015. doi: 10.5380/rf.v45i3.36554

PASSOS, M.A.A. *Efeito da calagem e de fósforo no crescimento inicial da algaroba (Prosopis juliflora (SW) DC)*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994.

SANTOS, R. A. *et al.* Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Act. Ama.*, v.38, n.3, p.453-458, 2008. doi: 10.1590/S0044-59672008000300009

SCREMIN-DIAS, E. *et al.* *Manual de produção de mudas de espécies florestais nativas*. Campo Grande: Editora UFMS, 2006.

SILVA, C.E.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R. Water-use efficiency of tree species following calcium and phosphorus application on an abandoned pasture, central Amazonia, Brazil. *Envir. Exp. Bot.*, v.64, n.2, p.189-195, 2008. doi: 10.1016/j.envexpbot.2008.03.001

SOUZA, C.A.S. *et al.* Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). *Act. Ama.*, v.40, n.3, p.515-522, 2010. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300010>

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: Embrapa, 2000. p.125-150.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TATAGIBA, S.D. *et al.* Crescimento de mudas clonais de eucalipto em condições de déficit hídrico. *Rev. Cienc. Ele. Eng.*

Flo., v. 25, n. 1, p. 16-20, 2015.

TAVARES, N. S. *Resposta ecofisiológicas e bioquímicas de duas cultivares de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivadas em sistemas de agricultura natural e convencional*. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

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