

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA QUALIDADE DE MUDAS DE
Tabebuia serratifolia Vahl Nich**

**IRRIGATION AND NITROGEN FERTILIZATION EFFECTS ON THE QUALITY OF *Tabebuia*
serratifolia Vahl Nich SEEDLINGS**

**LÁMINAS DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO EN LA CALIDAD DE LAS
PLANTONES DE *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-159>

Data de submissão: 15/05/2025

Data de publicação: 15/06/2025

Raphaela de Paula Silva do Nascimento
Graduanda em Engenharia Florestal
UEMASUL/Campus Imperatriz
E-mail: raphaelanascimento.20190003574@uemasul.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7988-2151>

Gabriele Silva Gomes
Graduanda em Engenharia Florestal
UEMASUL/Campus Imperatriz
E-mail: gabrielegomes.20200003215@uemasul.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1108-5534>

Argel Costa Souza
Graduando em Engenharia Florestal
UEMASUL/Campus Imperatriz
E-mail: argelsousa.20200003162@uemasul.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2680-4667>

Alinne da Silva
Doutora em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente
UEMASUL/Campus Imperatriz
E-mail: alinnesilva@uemasul.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6931-5869>

Cristiane Matos da Silva
Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental
UEMASUL/Campus Imperatriz
E-mail: cristiane.silva@uemasul.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6416-4413>

Wilson Araújo da Silva
Doutor em Agronomia
UEMASUL/Campus Imperatriz
E-mail: wilson@uemasul.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4549-6815>

RESUMO

O bom desenvolvimento das mudas no viveiro tem influência de forma direta no êxito de um plantio no campo, pois a presença de nutrientes no substrato, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio, exerce grande impacto na qualidade final das mudas. A quantidade de água necessária na irrigação pode variar conforme a espécie, e

tanto a carência quanto o excesso de nutrientes podem afetar o crescimento das mudas de forma positiva ou negativa. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a qualidade de mudas de ipê amarelo em função de diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, em Imperatriz – MA. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×3 , com cinco repetições. Os tratamentos consistiram em três lâminas de irrigação (50%, 100% e 150% da ETo) e três doses de nitrogênio (0, 100 e 200 mg. dm^{-3}), utilizando sulfato de amônio como fonte. Após 100 dias do início dos tratamentos, foram avaliadas altura (H), diâmetro do coletor (DC), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST). Também foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), que avalia a qualidade das mudas com base em suas características morfológicas. Os melhores resultados para todas as variáveis analisadas foram observados nas mudas tratadas com 200 mg. dm^{-3} de N e irrigadas com 100% da ETo, que também apresentaram o maior IQD.

Palavras-chave: Nutrição mineral. Produção de mudas. Macronutrientes.

ABSTRACT

The good development of seedlings in the nursery has a direct influence on the success of planting in the field, since the presence of nutrients in the substrate, especially nitrogen, phosphorus and potassium, has a great impact on the final quality of the seedlings. The amount of water required for irrigation can vary according to the species, and both the lack and excess of nutrients can affect the growth of seedlings positively or negatively. Thus, the objective of this study was to determine the quality of yellow ipê seedlings as a function of different irrigation depths and doses of nitrogen fertilization. The experiment was conducted in a greenhouse at the Center of Agricultural Sciences of the State University of the Tocantina Region of Maranhão, in Imperatriz - MA. The experimental design was in randomized blocks, in a 3×3 factorial scheme, with five replications. The treatments consisted of three irrigation levels (50%, 100% and 150% of ETo) and three nitrogen doses (0, 100 and 200 mg. dm^{-3}), using ammonium sulfate as the source. After 100 days from the beginning of the treatments, height (H), stem diameter (DC), fresh shoot mass (MFPA), fresh root mass (MFR), total fresh mass (MFT), dry shoot mass (MSPA), dry root mass (MSR) and total dry mass (MST) were evaluated. The Dickson Quality Index (IQD), which evaluates the quality of the seedlings based on their morphological characteristics, was also calculated. The best results for all variables analyzed were observed in the seedlings treated with 200 mg. dm^{-3} of N and irrigated with 100% of ETo, which also presented the highest IQD.

Keywords: Mineral nutrition. Seedling production. Macronutrients.

RESUMEN

El buen desarrollo de las plántulas en vivero influye directamente en el éxito de la siembra en campo, ya que la presencia de nutrientes en el sustrato, especialmente nitrógeno, fósforo y potasio, tiene un gran impacto en la calidad final de las plántulas. La cantidad de agua necesaria para riego puede variar según la especie, y tanto la falta como el exceso de nutrientes pueden afectar positiva o negativamente el crecimiento de las plántulas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la calidad de las plántulas de ipe amarillo en función de diferentes láminas de riego y dosis de fertilización nitrogenada. El experimento se realizó en un invernadero del Centro de Ciencias Agrícolas de la Universidad Estatal de la Región Tocantina de Maranhão, en Imperatriz, MA. El diseño experimental fue en bloques al azar, en un esquema factorial 3×3 , con cinco réplicas. Los tratamientos consistieron en tres niveles de riego (50%, 100% y 150% de ETo) y tres dosis de nitrógeno (0, 100 y 200 mg. dm^{-3}), utilizando sulfato de amonio como fuente. Transcurridos 100 días desde el inicio de los tratamientos, se evaluaron la altura (H), el diámetro del tallo (DC), la masa fresca de los brotes (MFPA), la masa fresca de las raíces (MFR), la masa fresca total (MFT), la masa seca de los brotes (MSPA), la masa seca de las raíces (MSR) y la masa seca total (MST). También se calculó el Índice de Calidad de Dickson (IQD), que evalúa la calidad de las plántulas en función de sus características morfológicas. Los mejores resultados para todas las variables analizadas se observaron en las plántulas tratadas con 200 mg. dm^{-3} de N y regadas con 100% de ETo, que también presentaron el IQD más alto.

Palabras clave: Nutrición mineral. Producción de plántulas. Macronutrientes.

1 INTRODUÇÃO

Tabebuia serratifolia Vahl Nich. (ipê-amarelo), pertencente à família Bignoniaceae, é uma espécie arbórea nativa do Brasil, com ocorrência em florestas pluviais e semidecíduas das regiões Amazônica, Sudeste e Nordeste. Essa espécie pode atingir entre 5 e 20 metros de altura (Lorenzi, 1992; Goulart et al., 2017), e destaca-se pelo seu valor ecológico, ornamental e econômico, sendo amplamente utilizada em reflorestamentos e paisagismo (Gentry, 1980; Silva et al., 2022).

Além do uso paisagístico, a madeira do *T. serratifolia* é altamente valorizada por sua durabilidade natural, resistência mecânica e coloração amarelada intensa, o que a torna adequada para aplicações em construção civil, marcenaria e carpintaria de alto padrão (Couto et al., 2018; Ihlenfeld et al., 2024). Ecologicamente, a espécie tem importância significativa na manutenção da biodiversidade, pois suas flores atraem diversos polinizadores, como abelhas e beija-flores, especialmente em períodos de escassez floral (Almeida et al., 2015). Esse conjunto de atributos reforça a importância de se investir em estratégias eficazes para sua conservação e cultivo em escala comercial e ambiental.

Na produção de espécies nativas, a propagação via sementes é a técnica mais comum, exigindo atenção especial às condições que favorecem a germinação e o crescimento inicial, de forma a garantir o sucesso do plantio em campo (Silva et al., 2014). Nessa etapa, a qualidade das mudas está diretamente relacionada ao manejo adequado no viveiro, especialmente quanto à nutrição mineral e à irrigação. Dentre os nutrientes essenciais, o nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K) apresentam papel fundamental no crescimento e vigor das mudas (Tucci et al., 2009).

Apesar da importância ecológica e econômica das espécies florestais nativas, a produção de mudas ainda enfrenta desafios técnicos relevantes, como a escassez de tecnologias adaptadas ao clima tropical, dificuldades na obtenção de sementes com alta viabilidade e a falta de protocolos específicos de manejo (Daibes; Prato e Carvalho, 2023; Adji, 2022). Esses entraves comprometem a uniformidade e a sobrevivência das plantas no campo, além de dificultarem a execução de programas de restauração ecológica e recuperação de áreas degradadas, especialmente em biomas ameaçados (Lamhammedi; Pepin e Khasa, 2023).

A adubação mineral, nesse contexto, configura-se como uma ferramenta indispensável para a formação de mudas com qualidade superior. Diversas pesquisas evidenciam que a aplicação de nitrogênio promove ganhos significativos no crescimento de espécies como sete-cascas, fedegoso, canafistula, angico-vermelho, sabiá e jacarandá-da-Bahia (Goulart et al., 2017). No entanto, no estado do Maranhão, ainda são escassas as pesquisas que avaliam o efeito de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na produção de mudas florestais.

Além da nutrição mineral, a eficiência no uso da água também exerce papel decisivo no crescimento das mudas. A água participa de processos vitais como a fotossíntese, o transporte de nutrientes e a constituição celular. Entretanto, grande parte da água absorvida pelas plantas é perdida por transpiração, o que evidencia a importância da eficiência no uso hídrico (Rodrigues *et al.*, 2011). Assim, torna-se necessário integrar práticas de irrigação e adubação que promovam o crescimento eficiente das plantas, considerando os fatores de evapotranspiração, solo e clima (Couto, 2015; Santana *et al.*, 2020).

O nitrogênio, em particular, é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, integrando moléculas essenciais como proteínas, ácidos nucleicos e clorofila. Sua mobilidade interna permite que ele seja redistribuído entre os tecidos, favorecendo a formação de novas estruturas vegetativas (Malavolta *et al.*, 1997; Marschner, 2012; Araújo *et al.*, 2020).

A adoção de lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração de referência (ET₀) tem se mostrado uma alternativa eficiente para ajustar o fornecimento hídrico conforme as demandas fisiológicas das plantas e as condições ambientais (Rodrigues e Braga, 2021). Essa abordagem evita o desperdício de água, reduz a lixiviação de nutrientes e potencializa o crescimento vegetal. Em viveiros florestais, a aplicação combinada de práticas de irrigação e adubação adaptadas à espécie pode resultar em mudas mais vigorosas, com maior potencial de sobrevivência e desempenho após o transplantio (Gupta *et al.*, 2023).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de *Tabebuia serratifolia* submetidas a diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada em condições de viveiro.

2 METODOLOGIA

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi realizado na casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, localizado na cidade de Imperatriz – MA (latitude: 5° 31' 32" Sul, longitude: 47° 28' 37" Oeste). Segundo a classificação de Köppen e Geiger, o clima da região é tropical com estação seca.

2.2 SEMENTES

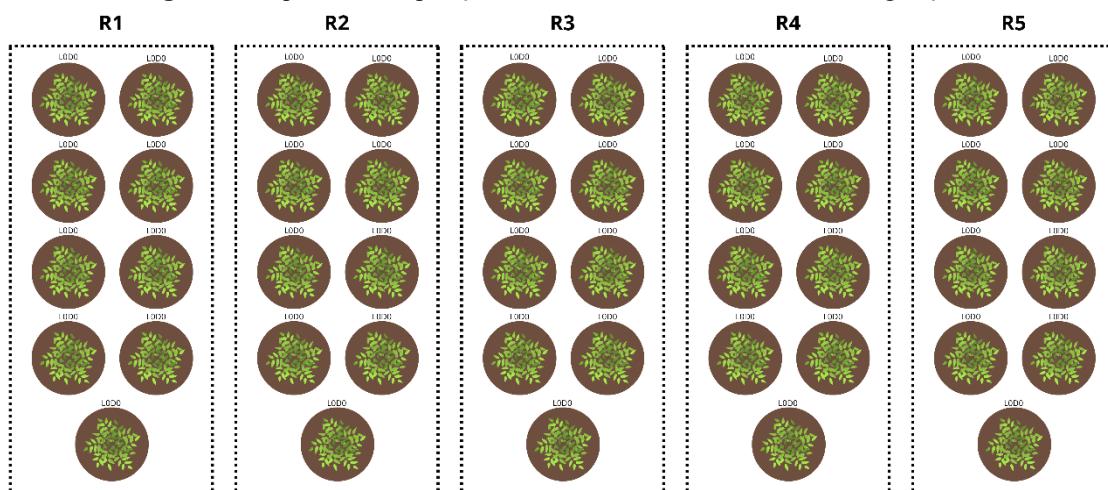
As sementes, adquiridas de fornecedores especializados e em condições fitossanitárias adequadas, foram submetidas ao processo de quebra de dormência por um período de 24 horas. Em seguida, foram semeadas diretamente em recipientes de 1,7 L, preenchidos com substrato vegetal

comercial da marca Terra Nova, de natureza inerte e apropriado para a produção de mudas florestais.

2.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 3×3 e cinco repetições por tratamento. Os dois fatores avaliados, F1 (lâminas de irrigação) e F2 (doses de nitrogênio), foram compostos por 3 níveis cada, sendo: os níveis de F1 corresponderam às seguintes lâminas de irrigação: 50%, 100% e 150% da Evapotranspiração de referência (ETo), codificados, respectivamente, como L1, L2 e L3; e, os três níveis do F2 foram compostos por 0, 100 e 200 mg.dm⁻³ de N, utilizando como fonte nitrogenada o sulfato de amônio, codificados como D1, D2 e D3, respectivamente. As mudas foram dispostas na casa de vegetação conforme a Figura 1.

Figura 1. Esquema da disposição das mudas nos blocos na casa de vegetação.



Fonte: Autores (2025).

As doses de nitrogênio foram aplicadas no dia 1 e num período de 100 dias, que compreenderam os meses de maio a agosto, foram aplicadas as lâminas de irrigação. As lâminas de irrigação foram atualizadas no início de cada mês, conforme a média mensal de ETo demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Média mensal da Evapotranspiração de referência (Eto) de 2005 a 2018 de Imperatriz – MA (mm.dia⁻¹).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
4,42	4,18	4,44	4,46	5,03	5,53	6,73	7,90	8,86	7,32	5,26	4,41
Média geral											5,71

Fonte: Santana *et al.* (2020).

2.4 PARÂMETROS ANALISADOS

As variáveis respostas avaliadas aos 100 dias após o início da aplicação dos tratamentos foram: altura (H), diâmetro do colo (DC), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca de raiz (MSR) e a massa seca da parte aérea (MSPA) (obtidas em balança de precisão após peso constante em estufa de circulação forçada à temperatura de 60° C). A massa seca total (MST) em gramas corresponde ao somatório da MSR + MSPA.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado conforme Equação 1 (Dickson *et al.*, 1960).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{D} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad \text{Eq. 1}$$

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados por meio do teste de Análise de Variância (ANAVA) e pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizado para comparar o efeito da interação entre os dois fatores analisados. Os recursos estatísticos utilizados foram o programa Excel e o Assistant 7.7.

3 RESULTADOS

A variável altura apresentou interação significativa entre as lâminas de água e as doses de nitrogênio (Tabela 2). As mudas que receberam a lâmina L1 apresentaram médias de crescimento estatisticamente distintas para as três doses de N, sendo D3 a que apresentou melhor desempenho, seguida de D2 e D1. A lâmina L2 também apresentou médias distintas nos três níveis de N, sendo as maiores médias de altura nas mudas em que foram aplicadas D3, D2 e D1, respectivamente. A lâmina L3 não apresentou diferença média de altura nas plantas que receberam D1 e D2, mas estas diferiram estatisticamente das mudas que receberam D3.

Nas três diferentes lâminas de água, a dose de N que apresentou melhor desenvolvimento da variável altura foi D3, seguida por D2 e D1, esta última apresentou melhor desempenho em L3, em comparação a L1 e L2.

Tabela 2. Médias observadas para as variáveis altura (H; cm), diâmetro do coleto (DC; mm), massa fresca da parte aérea (MFPA; g), massa fresca das raízes (MFR; g), massa seca da parte aérea (MSPA; g), massa seca das raízes (MSR; g) e massa seca total (MST; g) de mudas de ipê-amarelo em resposta aos tratamentos.

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	MFPA	MFR	MFT (g)	MSPA	MSR	MST	IDQ
L1D1	16,26	1,3780	1,6413	1,1829	2,8241	0,4642	0,4030	0,8673	0,0676
L1D2	26,46	2,60	2,6819	4,3660	7,0480	0,9616	1,7087	2,6703	0,2545

L1D3	38,44	3,44	5,9531	3,4273	9,3804	2,1218	1,2813	3,4030	0,2689
L2D1	18,62	1,4660	2,2672	2,3410	4,6082	0,6427	0,6420	1,2847	0,0917
L2D2	32,26	2,9620	5,5568	7,5037	13,0605	1,7868	2,6963	4,4831	0,3958
L2D3	47,42	4,2960	12,9498	9,6017	22,5516	4,2545	3,8127	8,0672	0,6577
L3D1	22,20	1,97	3,0621	1,7900	4,8520	0,8286	0,5187	1,3472	0,1064
L3D2	25,64	2,70	4,7517	6,1278	10,8795	1,4798	2,0104	3,4903	0,3326
L3D3	35,22	2,7720	6,9923	11,8356	18,8280	2,3087	4,3654	6,6741	0,4945

Fonte: Autores (2025).

As doses de nitrogênio D1 e D2 não apresentaram diferença significativa entre as médias de altura nos diferentes níveis do fator. D3, por outro lado, diferiu estatisticamente nas mudas que receberam a lâmina de água L2, em relação a L1 e L3, que são estatisticamente iguais. O tratamento que apresentou a melhor altura média foi o L2D3, com 47,42 cm e a menor altura média foi observada no tratamento L1D1, com 16,26 cm, conforme é possível observar na Figura 2.

Figura 2. Mudas de ipê amarelo que receberam 0 mg.dm⁻³ (A), 100 mg.dm⁻³ (B) e 200 mg.dm⁻³ (C) de N e diferentes lâminas de irrigação (repetição 3).



Fonte: Autores (2025).

O diâmetro médio do coletor das mudas também apresentou interação significativa entre os fatores analisados (Tabela 2). L1 teve melhor diâmetro médio nas mudas que receberam D2 e D3. L2 apresentou diferença significativa nos três níveis do fator F2, sendo D3 o nível com a maior média, 4,2960 mm, configurando também no maior valor desta variável. O diâmetro médio do coletor não apresentou diferença significativa nas mudas em nenhum tratamento que recebeu a lâmina de água L3. Nenhuma lâmina de água se mostrou superior nos tratamentos envolvendo D1 e D2, em ambos os níveis, as médias de diâmetro são estatisticamente iguais. No caso de D3, as lâminas L1 e L2, sendo estatisticamente iguais, tiveram o melhor desempenho da variável diâmetro, com 3,44 e 4,2960 mm, respectivamente.

Quanto a massa fresca da parte aérea das mudas, a dose de N que melhor interagiu com L1 foi a D3 (Tabela 2), D1 e D2 são estatisticamente iguais. As lâminas L2 e L3 apresentaram médias estatisticamente distintas nos três níveis do fator D, tendo D3 a melhor média de MFPA em ambas as lâminas. As mudas que receberam D1, tiveram médias de MFPA estatisticamente iguais nos três níveis

do fator F1. Nas que D2 foi aplicado, as mudas que receberam L2 e L3 tiveram melhor média de MFPA e nas que D3 foi a dosagem de N, a maior média da variável foi observada nas mudas que receberam L2.

A maior média de massa fresca de raiz foi observada no tratamento L3D3 (Tabela 2). As médias de MFR não apresentaram diferença estatística entre si nas diferentes doses de N aplicadas nas plantas que receberam a lâmina d'água L1. As mudas irrigadas com L2 apresentaram maior média de MFR nos tratamentos com D2 e D3. As diferentes lâminas de irrigação combinadas com D1 e D2 não apresentaram médias estatisticamente distintas entre si, no entanto, D3 obteve as melhores médias de MFR quando combinada com L2 e L3, que são estatisticamente iguais.

O tratamento com maior média de massa fresca total foi L2D3, com 22,55 g, seguido pelo tratamento L3D3, que apresentou a média de 18,83 g e L2D2, com 13,06 g (Tabela 2). As menores médias de massa fresca total foram observadas nos tratamentos que receberam a dose de nitrogênio D1, sendo L1D1 o menos eficiente na produção de matéria fresca.

A matéria seca da parte aérea das mudas foi maior no tratamento L2D3, com 4,2545 g, e teve seu menor valor médio no tratamento L1D1, com 0,4642 g (Tabela 2). Nas mudas irrigadas com L1, D1 e D2 apresentaram MSPA média estatisticamente iguais, e D3 foi a dosagem de N que melhor interagiu com esta lâmina de água.

Quanto a massa seca da raiz, o tratamento L3D3 foi o que apresentou maior peso médio, com 4,3654 g, que é estatisticamente igual a MSR do tratamento L2D3, e o L1D1 o menor peso, com 0,4030 g (Tabela 2). A MSR das mudas irrigadas com a lâmina L1 foi estatisticamente igual nos três níveis do fator F2. Na lâmina L2, houve igualdade estatística entre os tratamentos L2D2 e L2D3, que apresentaram maior MSR média que L2D1. Nas mudas que receberam a lâmina L3, houve diferença significativa entre as três doses de N. Não houve diferença estatística nas médias de MSR de D1 e D2 nas três lâminas de água em ambas as doses de N. A dose de N D3 teve melhor desempenho de MSR nos tratamentos com as lâminas de água L2 e L3.

Quanto a massa seca total média, seguindo a tendência das demais variáveis, o tratamento L2D3 foi o que apresentou a maior média de peso e o L1D1 a menor. As mudas irrigadas com L2 e L3, tiveram médias estatisticamente diferentes nos três níveis de dose de N, em ambos D3 teve o melhor desempenho, seguido por D2 e por último D1 (Tabela 2). Não houve diferença estatística nas médias de MST de D1 e D2 nas três lâminas de água em ambas as doses de N. A dose de N D3 teve melhor desempenho da variável nos tratamentos com as lâminas de água L2 e L3, que são iguais estatisticamente.

A qualidade das mudas, calculada pelo Índice de Qualidade de Dickson (IQD), mostram que as mudas do tratamento L2D3 tem maior qualidade em relação as demais. As mudas que tiveram os menores valores de IQD foram as do tratamento L1D1 (Tabela 2).

4 DISCUSSÃO

O melhor desempenho das mudas submetidas à dose de 200 mg.dm⁻³ de nitrogênio, combinada com a lâmina de irrigação correspondente a 100% da ETo (tratamento L2D3), nas variáveis altura, diâmetro do coletor, massa fresca da parte aérea, massa fresca total, massa seca aérea e massa seca total, pode ser atribuído à função essencial do nitrogênio como macronutriente. O N atua diretamente no aumento do teor de proteínas nas plantas, promovendo o crescimento vegetativo (Paulilo *et al.*, 2015). Esta hipótese corrobora com os resultados encontrados por Araújo *et al.* (2017), que observaram efeitos positivos do nitrogênio sobre o desenvolvimento morfológico de mudas de mogno-africano, com incrementos significativos em altura, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, da raiz e total. De forma semelhante, Goulart *et al.* (2017), ao estudarem o ipê-amarelo, também relataram ganhos expressivos nas mesmas variáveis em resposta à adubação nitrogenada. Os autores destacam, ainda, a preferência da espécie por formas amoniacais de nitrogênio, como o sulfato de amônio e o nitrato de amônio, o que reforça a escolha da fonte utilizada neste estudo.

A superioridade do tratamento L2D3 em relação ao L3D3, mesmo com a aplicação da mesma dose de nitrogênio, pode ser explicada por perdas associadas ao excesso de água no solo. A maior lâmina de irrigação (150% da ETo) pode ter intensificado o processo de lixiviação e desnitrificação, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio para as plantas. Isso ocorre porque o nitrogênio na forma nítrica apresenta alta mobilidade no solo, podendo ser facilmente transportado para camadas mais profundas, fora do alcance do sistema radicular (Instituto da Potassa e Fosfato, 1998). Além disso, em condições de umidade excessiva e baixa aeração do substrato, especialmente em ambientes com temperaturas elevadas, como na casa de vegetação onde o experimento foi conduzido, o nitrogênio nítrico pode ser convertido em formas gasosas, como N₂O ou N₂, por meio do processo de desnitrificação (Vieira, 2017). Esses gases são então perdidos para a atmosfera, comprometendo a eficiência da adubação. Assim, o desempenho inferior do tratamento L3D3 pode estar relacionado à menor disponibilidade efetiva de nitrogênio no substrato, apesar da dose aplicada ser a mesma.

Observou-se que, com exceção do tratamento L2D3, as diferentes lâminas de irrigação não promoveram variações significativas na altura das mudas. Esse resultado é relevante para a avaliação da eficiência no uso da água durante a produção de mudas de ipê-amarelo. Apesar da lâmina L3 representar um volume de água três vezes superior ao da L1, as mudas que receberam a dose de 200

mg.dm⁻³ de nitrogênio não apresentaram diferenças estatísticas nas alturas médias entre esses dois tratamentos. Isso indica que o aumento no volume de irrigação não resultou em ganhos adicionais de crescimento. Essa ausência de resposta positiva à maior lâmina pode estar relacionada à menor perda de nitrogênio em condições de menor umidade, como discutido anteriormente. A menor lâmina de irrigação pode ter contribuído para prolongar a disponibilidade do nutriente no substrato, favorecendo sua absorção pelas plantas e, consequentemente, o desenvolvimento em altura.

Esse resultado torna-se ainda mais interessante quando se observa a comparação direta entre as médias de altura, desconsiderando a análise estatística. A média de altura das mudas no tratamento L1D3 (38,44 cm), que recebeu a menor lâmina de irrigação, foi superior à média observada no tratamento L3D3 (35,22 cm), que utilizou três vezes mais água. Esse contraste reforça a ideia de que o aumento do volume de irrigação não necessariamente resulta em maior crescimento em altura, e que o uso racional da água, aliado à adubação adequada, pode ser mais eficiente para o desenvolvimento das mudas.

Cabe destacar que o melhor desempenho em altura foi observado em um tratamento com uma lâmina intermediária entre L1 e L3 (mínima e máxima) e que, além da evapotranspiração de referência, os cálculos das lâminas de irrigação também consideraram o coeficiente da cultura, reforçando a importância de compreender as exigências hídricas específicas de cada espécie para otimizar o uso da água.

No entanto, essa tendência observada para a variável altura não se repetiu na massa fresca total (MFT) das mudas. As plantas submetidas à menor lâmina de irrigação apresentaram valores inferiores de MFT em comparação àquelas que receberam o maior volume de água. Nesses casos, observou-se um maior desenvolvimento do sistema radicular, indicando uma possível alocação preferencial de biomassa para as raízes em condições de menor disponibilidade hídrica. Esse comportamento contrasta com os resultados de Magalhães Filho (2008), que, ao investigar o efeito da deficiência hídrica no crescimento radicular de mudas de laranjeira, não encontrou diferenças significativas no comprimento das raízes entre tratamentos irrigados e não irrigados. A divergência entre os estudos pode estar relacionada às diferenças entre espécies, substratos e condições experimentais, reforçando a necessidade de estudos específicos para cada contexto.

Santos e Carlesso (1998) destacam que “o déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas e úmidas do perfil do solo”. O comportamento oposto apresentado pelos resultados deste estudo pode ser atribuído ao fato de que, em condições de viveiro, as mudas não estão em contato direto com o solo, o que limita a possibilidade de expansão das raízes em busca de água. Além disso, a restrição hídrica imposta pela lâmina L1 resultou em uma zona úmida muito restrita

ao redor do coletor, o que pode ter limitado o crescimento das raízes. A ausência de um gradiente de umidade mais amplo no substrato pode ter inibido o estímulo à expansão radicular, diferentemente do que ocorre em ambientes naturais ou em recipientes com maior volume de solo.

Um fato que também pode ter tido grande influência nos resultados deste estudo foi o não fracionamento das doses de N. Goulart *et al.* (2017) recomendam que a adubação nitrogenada com sulfato de amônio seja realizada de forma parcelada, o que se justifica pela elevada mobilidade e reatividade do nitrogênio no solo. O fracionamento das doses visa minimizar perdas, uma vez que as plantas, em geral, não conseguem absorver todo o nutriente disponibilizado de uma só vez. Além disso, o nitrogênio está sujeito a diversos processos de transformação e perda, como volatilização, lixiviação e desnitrificação, conforme destacado pelo Instituto da Potassa e Fosfato (1998). Dessa forma, o parcelamento contribui para maior eficiência na absorção do nutriente e melhor aproveitamento pelas mudas ao longo do seu desenvolvimento.

A influência do nitrogênio (N) no desenvolvimento das mudas foi evidenciada pelos resultados obtidos nos tratamentos que incluíram a dose D1. Independentemente da lâmina de irrigação aplicada, os tratamentos que não receberam adubação nitrogenada apresentaram os menores valores médios em todas as variáveis morfológicas analisadas, como altura da planta, diâmetro do coletor e massa seca.

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) reforça esses resultados. O tratamento L2D3, proporcionou o melhor desempenho no desenvolvimento das mudas de ipê, refletindo-se em um IQD superior. Em contraste, o tratamento L1D1, com menor lâmina de irrigação e ausência de nitrogênio, apresentou o pior desempenho, indicando mudas de menor qualidade e potencial de sobrevivência em campo.

5 CONCLUSÃO

As mudas de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. apresentaram respostas significativamente positivas à adição de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, com ganhos em todas as variáveis morfológicas analisadas. O tratamento que combinou a dose de 200 mg.dm⁻³ de N com irrigação correspondente a 100% da evapotranspiração de referência (ET₀), identificado como L2D3, proporcionou os melhores resultados médios para todas as características quantitativas avaliadas.

Esses achados indicam que, embora a lâmina de irrigação seja um fator importante, não foi a maior lâmina que resultou no melhor desenvolvimento das mudas. Isso evidencia a relevância do manejo racional da água, promovendo a eficiência no uso dos recursos hídricos na produção de mudas florestais.

Além disso, o tratamento L2D3 também apresentou o maior Índice de Qualidade de Dickson

(IQD), confirmando a superioridade morfológica das mudas produzidas sob essa combinação de fatores. O IQD, por integrar múltiplos parâmetros de crescimento, reforça a adequação desse tratamento para a produção de mudas com maior potencial de sobrevivência e desempenho em campo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL e à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão – FAPEMA pela concessão da bolsa de pesquisa PIBIC/FAPEMA. E, ao Laboratório de Irrigação, Hidráulica e Hidrologia pelo suporte na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S.; CUNHA, S. D.; GATTO, A.; HODECKER, B. E. R.; PELÁ, A. Desenvolvimento inicial e nutrição de mudas de mogno-africano em resposta à adubação nitrogenada e fosfatada. *Scientia Forestalis*, v. 48, n. 125, e2938, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.14>

ADJI, B. I. Quality seed production for optimising the success of reforestation of native forest species: case of *Khaya senegalensis* (Meliaceae), *Pterocarpus erinaceus* (Fabaceae) and *Parkia biglobosa* (Fabaceae). , 2022.

ALMEIDA, A. M. C.; ALMEIDA, C.; OLEIVEIRA, E.; CALEGARI, L. Avaliação físico-química e energética da madeira das espécies *Piptadenia stipulacea* (Benth.) Ducke e *Amburana cearensis* (Allemao) AC Smith de ocorrência no semiárido nordestino brasileiro. *Ciência Florestal*, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2015.

COUTO, J. P. C.; CAVALCANTE, A. R.; SILVA, N. D.; BORGES, T. K. S. Estimativa diária da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo simples e dual para a cultura da beterraba. In: XXV – CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM. São Cristóvão: Anais... CONIRD, 2015.

COUTO, N. G.; AQUINO, V. B. D. M.; ALMEIDA, J. P. B.; ALMEIDA, D. H. D.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Determination of physical and mechanical properties of wood specie *Dinizia excelsa* Ducke. *International Journal of Materials Engineering*, v. 8, n. 6, p. 158-161, 2018.

DAIBES, L. F.; PRATO, A. I.; CARVALHO, F. E. L. Aspects of Seedling Production of *Clathrotropis brunnea* Amshoff, A threatened legume tree from colombian rainforests. *Floresta*, v. 53, n. 4, 2023.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

GENTRY, A.H. Bignoniaceae - Part I (Crescentieae and Tourrettieae). *Flora Neotropica Monograph*, The New York Botanical Garden, n. 25, p. 1-130, 1980.

GOULART, L. M. L. et al. Produção de mudas de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em resposta a fertilização nitrogenada. *Floresta e Ambiente*, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.137315>

GUPTA, N.; SINGH, Y.; JAT, H. S.; SINGH, L. K.; CHOUDHARY, K. M.; SIDHU, H. S.; GATHALA, M. K.; JAT, M. L. Precise irrigation water and nitrogen management improve water and nitrogen use efficiencies under conservation agriculture in the maize-wheat systems. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 12060, 2023.

IHLENFELD, W.; M. P. A.; ROIO, I. G. D.; FONTOLAN, B. L.; FORTE, A.; GADDA, T. M. C.; GUERRIERI, J. R.; SANTOS, A. P. P.; SILVA, C. M. S.; VIEIRA, G. Aspectos descritivos da madeira como aliada na construção civil sustentável: uma análise estatística. In : [S. l.]: Seven Editora, 2024.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. 1998. Manual internacional de fertilidade do solo, 2º ed. Piracicaba: POTAPOS, 1998. 177 p.

LAMHAMEDI, M. S.; PEPIN, S.; KHASA, D. The Production Chain of Tree Seedlings, from Seeds to Sustainable Plantations: An Essential Link for the Success of Reforestation and Restoration Programs in the Context of Climate Change. *Forests*, v. 14, n. 9, p. 1693, 2023.

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

MAGALHÃES FILHO, J.R. et al. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira ‘valênci’ sobre dois tipos de porta-enxerto. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.

MALAVOLTA, E., et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed., 319 p. Piracicaba: POTAFOS., 1997.

MARSCHNER, P. Mineral nutrition of higher plants. 3 ed., 655 p. London: Academic Press., 2012.
PAULILLO, M. T. S.; VIANA, A. M.; RANDI, A. M. Fisiologia Vegetal. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 182 p.

RODRIGUES, G. C.; BRAGA, R. P. A simple application for computing reference evapotranspiration with various levels of data availability—ETo tool. *Agronomy*, v. 11, n. 11, p. 2203, 2021.

RODRIGUES, S. B. S., et al. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região centro oeste de Minas Gerais. *Irriga*, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 212-223, abr-jun, 2011. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2011v16n2p212>.

SANTANA; et al. Diagnóstico da irrigação na agricultura familiar de Imperatriz - MA. *Rev. Sustinere*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 515-538, jul-dez, 2020.

SANATANA, M. J. et al. Estimativa da evapotranspiração e dos coeficientes de cultivo da cultura da beterraba. *Rev. Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 14, n. 4, p. 4141-4153, 2020. DOI: 10.7127/rbai.v14n401185.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, F. H. et al. Primeira ocorrência de Prospodium bicolor em ipê-amarelo (*Handroanthus serratifolius*) no Cerrado Piauiense. *Summa Phytopathol*, Botucatu, v. 48, n. 1 p. 37, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/185338>

SILVA, N. M. et al. Efeito de homeopatia na germinação de sementes de ipê amarelo. *Pesq. flor. bras.*, Colombo, v. 34, n. 79, p. 181-186, jul./set. 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.79.540

TUCCI, C. A. F. et al. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica*, 39(2): 289-294, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000200007>.

VIEIRA, R. F. Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas. Brasília: Embrapa, 2017. 163 p.