

Efeito do Osmocote® no crescimento e nutrição de mudas de *Lecythis lurida* (Lecythidaceae)

Effect of Osmocote® in the growth and nutrition of Lecythis lurida seedlings (Lecythidaceae)

Iselino Nogueira Jardim *¹(ORCID 0000-0001-5159-1654), Jeferson Coutinho de Oliveira ¹(ORCID 0009-0004-1874-3977),
Márcia Ori de Sousa Hamada ¹(ORCID 0000-0002-1361-9553), Israel Alves de Oliveira ²(ORCID 0000-0003-3690-4987)

¹Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil. *Autor para correspondência: jardim@ufpa.br

²Instituto de Desenvolvimento Florestal de Biodiversidade do Estado do Pará, Macacheira, PA, Brasil.

Submissão: 26/04/2024 | Aceite: 30/05/2024

RESUMO

O sucesso de projetos de reflorestamento para fins comerciais e ambientais depende, dentre outros fatores, da disponibilidade de nutrientes durante a produção de mudas. O fertilizante de liberação controlada é muito empregado porque proporciona menor tempo de formação de mudas com menor perda de nutrientes por lixiviação. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência do fertilizante Osmocote® no crescimento inicial e nutrição de mudas de *Lecythis lurida*. As mudas foram produzidas de sementes, coletadas de árvores matrizes nos municípios de Vitória do Xingu e Altamira, Estado do Pará. A semeadura foi realizada em sacos plásticos de 1 dm³ de capacidade, previamente preenchidos com substrato de fibra de coco acrescidos com doses de fertilizante Osmocote®. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com único fator (dose de Osmocote®) distribuído em cinco doses: 0,0 (controle); 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 g L⁻¹ de fertilizante Osmocote®. Para cada tratamento foram utilizadas 20 repetições. Aos 120 dias após a emergência foram avaliados os parâmetros morfológicos para determinar o crescimento das mudas e análise nutricional das folhas. A dose de Osmocote® que forneceu melhor resposta para às variáveis morfológicas foi 6,0 g L⁻¹. Os teores médios de macros e micronutrientes extraídos e exportados em cada tratamento pela muda de *Lecythis lurida* obedeceram a seguinte ordem: K>N>Mg>S>Ca>P>Fe>Mn>Zn>B>Cu. Conclui-se, que a dose 6,0 g L⁻¹ de Osmocote® melhorou a nutrição e a qualidade das mudas de *Lecythis lurida*. O uso de fertilizante Osmocote® possibilita maior crescimento e melhor estado nutricional para as mudas de *Lecythis lurida*.

PALAVRAS-CHAVE: análise nutricional; silvicultura; nutrição de plantas; fertilização.

ABSTRACT

The success of reforestation projects for commercial and environmental purposes depends, among other factors, on the availability of nutrients during seedling production. Controlled-release fertilizer is widely used because it provides shorter seedling formation time with less loss of nutrients through leaching. The objective of the study was to evaluate the efficiency of Osmocote® fertilizer in the initial growth and nutrition of *Lecythis lurida* seedlings. The seedlings were produced from seeds collected from mother trees in the municipalities of Vitória do Xingu and Altamira, State of Pará. Sowing was carried out in plastic bags with a capacity of 1 dm³, filled with coconut fiber substrate plus added with doses of Osmocote® fertilizer. The experimental design adopted was completely randomized with a single factor (dose of Osmocote®) distributed into five doses: 0.0 (control); 2.0; 4.0; 6.0 and 8.0 g L⁻¹ of Osmocote® fertilizer. For each treatment, 20 replications were used. At 120 days after emergence, morphological parameters were evaluated to determine the growth of the seedling and nutritional analysis of the leaves. The dose of Osmocote® that provided the best response to morphological variables was 6.0 g L⁻¹. The average content of macro and micronutrients extracted and exported in each treatment by the *Lecythis lurida* seedling obeyed the following order: K>N>Mg>S>Ca>P>Fe>Mn>Zn>B>Cu. It is concluded that dose 6.0 g L⁻¹ of Osmocote® improved the nutrition and quality of *Lecythis lurida* seedlings. The use of Osmocote® fertilizer allows greater growth and better nutritional status for *Lecythis lurida* seedlings.

KEYWORDS: nutritional analysis; forestry; plant nutrition; fertilization.

INTRODUÇÃO

Lecythis lurida (Miers) S. A. Mori é uma espécie da família Lecythydaceae, conhecida popularmente como Jarana ou Inhaíba. É uma espécie vinculada ao grupo ecológico das secundárias tardias de dossel, endêmica do Brasil, com distribuição na floresta de terra firme no domínio fitogeográfico Amazônico e mata Atlântica (DUARTE et al. 2020). A madeira da *Lecythis lurida* é utilizada principalmente na construção civil pesada interna como vigas, caibros, pranchas e tábuas em estruturas de coberturas (CORRÊA et al. 2018). Embora a espécie apresente um grande potencial econômico e ambiental, ainda é carente de informações técnicas sobre os aspectos nutricionais e silviculturais. Entre as atividades silviculturais, a produção de mudas florestais, é uma das etapas mais importantes por representar o início de uma cadeia de operações, que visa estabelecer povoamentos florestais.

Todavia, durante a etapa de produção de mudas, alguns fatores como adubação, luz, temperatura, substrato, água, sementes, poderão afetar a qualidade das mudas de espécies florestais (BRACHTVOGEL & MALAVASI 2010) e, conseqüentemente, o desenvolvimento e crescimento destas mudas no campo. A adubação é um dos aspectos de extrema importância diretamente relacionado à qualidade das mudas, que para espécies nativas é pouco conhecido (ROSSA et al. 2013). Além disso, a alta diversidade de espécies existentes configura outro problema, devido à falta de detalhamento sobre recomendações e exigências nutricionais (SILVA et al. 2022). Assim, durante a produção de mudas, o estado nutricional deve ser considerado, para que as mudas não tenham prejuízos, no crescimento pela deficiência ou excesso de nutrientes (CUNHA et al. 2021).

Para o processo de produção de mudas, em viveiros florestais, duas técnicas principais de fertilização são utilizadas: convencional de liberação imediata e liberação controlada. Uma das vantagens da fertilização convencional é o fornecimento imediato de nutrientes disponíveis para as plantas. Porém, apresenta algumas desvantagens, como a lixiviação de nutrientes e desperdício econômico devido à queda na eficiência do uso de nutrientes (VEJAN et al. 2021, ARAÚJO et al. 2023). Já a fertilização de liberação controlada (FLC) fornece os nutrientes às plantas alvos lentamente ao longo de meses, aumentando a simetria entre a disponibilização do nutriente e a demanda nutricional da planta, de modo a reduzir a perda de nutrientes e aumentar o rendimento das culturas (ABDULLAH et al. 2023). A maior eficiência do uso dos nutrientes promove incrementos na fotossíntese e conseqüentemente na produção de biomassa e qualidade de mudas (ROSSA et al. 2013, SILVA et al. 2019, JARDIM et al. 2023). Dessa forma, o uso de FLC podem reduzir o tempo de formação das mudas em comparação ao fertilizante convencional (OLIVEIRA et al. 2021).

Uma das primeiras linhas do FLC lançada no mercado foi o Osmocote®, apresentando revestimento polimérico que reveste os grânulos de sais de fertilizantes (ABDULLAH et al. 2023). O processo de difusão assegura a quantidade de nutrientes conforme às necessidades das plantas, diminuindo as perdas por lixiviação e os efeitos negativos da salinidade elevada na solução do solo (GOMES et al. 2017). Além dos macronutrientes primários, nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), os grânulos de Osmocote® contém ainda magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu) e molibdênio (Mo). A durabilidade do Osmocote® varia de 3 a 16 meses (ABDULLAH et al. 2023).

Desse modo, identificar as exigências nutricionais específicas para cada espécie nativa é de extrema importância quando se trata de desenvolver protocolos de fertilização eficazes. Nesse sentido, foi levantada a seguinte questão: Osmocote® influência nas taxas de crescimento e concentração de nutrientes para obtenção de mudas de *Lecythis lurida*? Assim, partimos da hipótese de que o uso de fertilizante Osmocote® será adequado para o crescimento de mudas de *Lecythis lurida* bem nutridas em casa de vegetação. Elucidando este tema, podem-se utilizar FLC em favor da produção de mudas de *Lecythis lurida* e, então, disponibilizá-las para a comercialização.

Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar a eficiência do fertilizante Osmocote® no crescimento inicial e nutrição de mudas de *Lecythis lurida* em condições de casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação da Universidade Federal do Pará (UFPA), município de Altamira, Pará. O clima de Altamira, segundo Köppen, é do tipo equatorial Am e Aw, temperatura média de 26 °C, chuva anual média de 1.700 mm e com umidade relativa do ar a 80% (ALVARES et al. 2013).

As sementes de *Lecythis lurida* usadas no experimento foram coletadas de plantas nativas das áreas

de reserva legal pertencentes à ELETRONORTE S/A, localizadas nos municípios de Vitória do Xingu e Altamira. As sementes selecionadas foram semeadas em sacos plásticos de 1 dm³ de capacidade, contendo como substrato fibra de coco (AMAFIBRA®) acrescidos de fertilizante Osmocote® nas doses planejadas. A formulação do Osmocote® utilizado é 15-09-12 em NPK mais 1,3% de Mg e 2,3% de S. Também apresenta a seguinte composição em relação aos micronutrientes: Cu (0,05%), Fe (0,45%), Mn (0,06%) e Mo (0,02%). O tempo de liberação total dos nutrientes compreende entre 3 e 4 meses. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com único fator (dose de Osmocote®) distribuído em cinco doses: 0,0 (controle); 2,0; 4,0; 6,0 e 8,0 g L⁻¹ de fertilizante Osmocote®. Para cada tratamento foram utilizadas 20 repetições (uma planta por repetição). As mudas permaneceram por 120 dias em casa de vegetação, com nível de sombreamento de 50% (tela de sombrite) e irrigadas diariamente.

Aos 120 dias, as plantas foram colhidas para avaliação. Determinaram a altura da parte aérea (H), realizada com ajuda de régua milimetrada, posicionada ao nível do substrato até o nível do meristema apical. O diâmetro do caule (DC) foi mensurado em milímetro (mm), com paquímetro digital, medido ao nível da região do coleto. O número de folhas (NF) foi obtido pela contagem direta. As mudas foram separadas em parte aérea e raiz, com secagem em estufa a 70 °C, até peso constante. Após a secagem, foi determinada a massa seca da parte aérea (g) (MSPA) e massa seca da raiz (g) (MSR). Esses parâmetros foram transformados nos seguintes índices: razão entre altura e diâmetro do caule (H/DC), massa seca total (MST = MSPA + MSR) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), conforme a equação (1).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + MSR} \quad (1)$$

Onde: IQD – Índice de Qualidade de Dickson; MST – massa seca total (g); H – altura (cm); DC – Diâmetro de caule (mm); MSPA – Massa seca da parte aérea (g); MSR – Massa seca do sistema radicular (g).

A determinação dos teores dos macronutrientes: N (método de Kjeldahl), P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn (digestão nitroperclórica úmida) e B (digestão seca), utilizando o equipamento ICP-OES. Todas as análises foram realizadas no laboratório de Análise foliar do Instituto de Solos da Universidade Federal de Lavras, MG.

Os dados foram sujeitos ao teste de normalidade (Shapiro-wilk) e homogeneidade pelo teste de Bartlett. Atendidos esses critérios, à análise de variância (ANOVA) sobre os dados foi aplicada e quando significativos pelo teste F, foi aplicado o teste Scott-Knott (p<0,05). Realizou-se à análise de regressão polinomial para as doses de Osmocote®. Foi estimada a dose de máxima eficiência técnica (DMET) para o caso de efeito significativo da equação quadrática. O pacote computacional SISVAR (FERREIRA 2011) foi usado para à análise dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variáveis morfológicas das mudas de *Lecythis lurida*

As informações geradas na ANOVA estão resumidas na Tabela 1. As variáveis morfológicas, mostraram comportamento quadrático no ajuste das equações de regressão em função das diferentes doses de fertilizante Osmocote®, com exceção da variável H/DC (Figuras 1 e 2). O comportamento quadrático comprova que as variáveis de crescimento das plantas aumentam até a dose de máxima eficiência técnica (DMET), ocorrendo diminuição em doses superiores do fertilizante (MENEGATTI et al. 2020). Os coeficientes de variação (CV) ficaram entre 9,90 e 21,76% considerados médios, para experimentos realizados em casa de vegetação (PIMENTEL-GOMES 2009).

O maior número médio de folhas por planta (6,7) foi obtido com a DMET estimada (5,9 g L⁻¹) para as plantas cultivadas em ambiente protegido (Figura 1A). Constatou-se um incremento em folhas de 68% em relação ao número de folhas das mudas não adubadas (controle). Resultado ratificado por SANTOS et al. (2020), que perceberam maior número de folhas aos 120 dias na dose estimada de 6,44 kg m⁻³ de fertilizante de liberação controlada Basacote®.

Tabela 1. Resumo da ANOVA das medidas dos parâmetros de crescimento da espécie *Lecythis lurida* em função das doses de Osmocote®, aos 120 dias de cultivo.

Table 1. Summary of the ANOVA of the measurements of the growth parameters of the species *Lecythis lurida* as a function of the doses of Osmocote®, at 120 days of cultivation.

FV	GL	Quadrado Médio							
		NF	H	DC	H/DC	MSPA	MSR	MST	IQD
Doses	4	0.89**	288.39**	8.78**	0.200 ^{ns}	12.44**	4.77**	32.38**	0.63**
CV (%)		12.10	21.76	18.13	14.73	20.45	17.39	20.46	9.900
MG		5.500	22.10	4.320	5.120	2.600	1.740	4.20	0.640

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; MG: média geral. (**) significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro; (^{ns}) não-significativo.

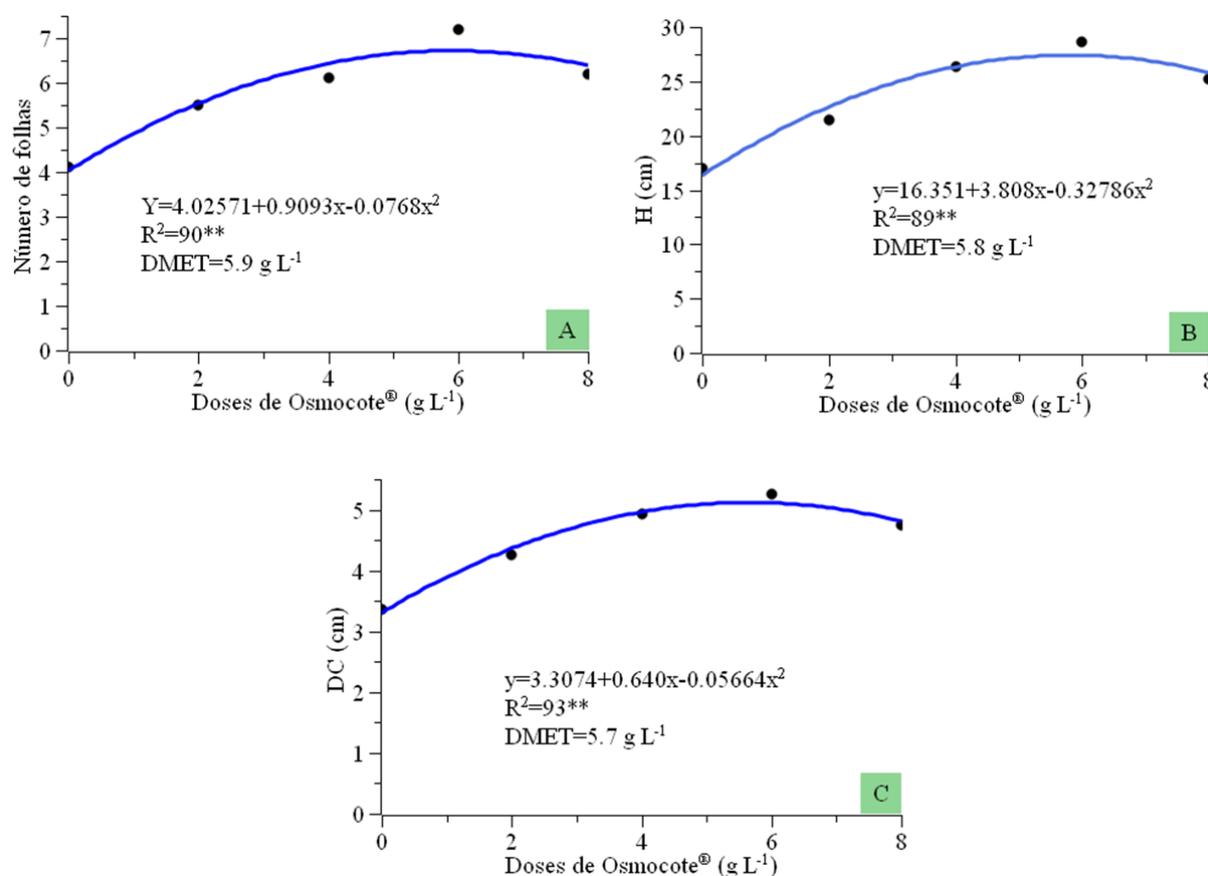


Figura 1. Resultados médios do número de folhas (A), da altura (B) e diâmetro de caule (C) de mudas de *Lecythis lurida* submetidas a diferentes doses de Osmocote® aos 120 dias após a semeadura.

Figure 1. Average results of the number of leaves (A), height (B) and stem diameter (C) of *Lecythis lurida* seedlings subjected to different doses of Osmocote® at 120 days after sowing.

Mudas de *Lecythis lurida* alcançaram maior altura média (27,4 cm) com a DMET estimada de 5,8 g L⁻¹ do fertilizante Osmocote® (Figura 1B). Resultando um incremento de 11 cm na altura em relação as mudas controle. Esse aumento demonstra melhor desenvolvimento das plantas sob maior disponibilidade de nutrientes, fato constatado em outros trabalhos (SILVA et al. 2019, MADRID-AISPURO et al. 2020). Contudo, doses de Osmocote® maiores que a DMET causaram redução na altura, isso demonstra que o excesso de nutrientes traz prejuízos às mudas.

A altura é um ótimo parâmetro a ser considerado durante a triagem de mudas apropriadas para comercialização ou mesmo para cultivo em campo. Contudo, técnicas de manejo e processo de produção de mudas, podem alterar o tamanho padrão considerado para o plantio. Logo, fazer a seleção de mudas

com base somente na altura, é um erro grave, pois no lote selecionado pode conter mudas estioladas.

Na DMET foi estimado o diâmetro médio de 5,1 mm, resultando um incremento de crescimento de 55% em relação ao DC das mudas controle (Figura 1C). Resultado semelhante foi observado por SILVA et al. (2019) utilizando Osmocote® para mudas de *Acacia mangium*, em que a melhor dose para crescimento em diâmetro foi de 7,77 kg m⁻³ de substrato.

Ressalta-se que a altura e o diâmetro são parâmetros muito utilizados pelas empresas de produção florestal durante a escolha de mudas para cultivo em campo. Mudas consideradas adequadas possuem altura entre 15 e 25 cm e DC com 2,5 mm (FREITAS et al. 2021). Dessa forma, para todas as doses testadas, às mudas de *Lecythis lurida* estão qualificadas para serem utilizadas nos empreendimentos florestais.

Para o índice H/DC, o uso de diferentes doses de Osmocote® não apresentou diferenças significativas ($p>0,05$) no índice H/DC, com média de 5,1 (Tabela 1). Esse resultado está dentro da faixa de valores atribuídos na literatura para espécies florestais (DANTAS et al. 2018). Esses autores atribuem para o índice H/DC de mudas de espécies florestais valor máximo de 10. Para maiores chances de sobrevivência da muda no campo, menores devem ser os valores para o índice H/DC (COSTA et al. 2022).

A MSPA das mudas de *Lecythis lurida* sofreu efeito significativo, em função das doses crescentes de Osmocote®. A MSPA foi estimada em 3,52 g com a DMET estimada de 5,9 g L⁻¹ do fertilizante Osmocote® (Figura 2A). Comparando-se com a MSPA obtidas nas plantas testemunhas, constatou-se um incremento de 138%. JARDIM et al. (2023) observaram o mesmo comportamento para mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess em relação à dose de Osmocote®, onde o maior valor foi obtido utilizando 4,2 g L⁻¹ de substrato.

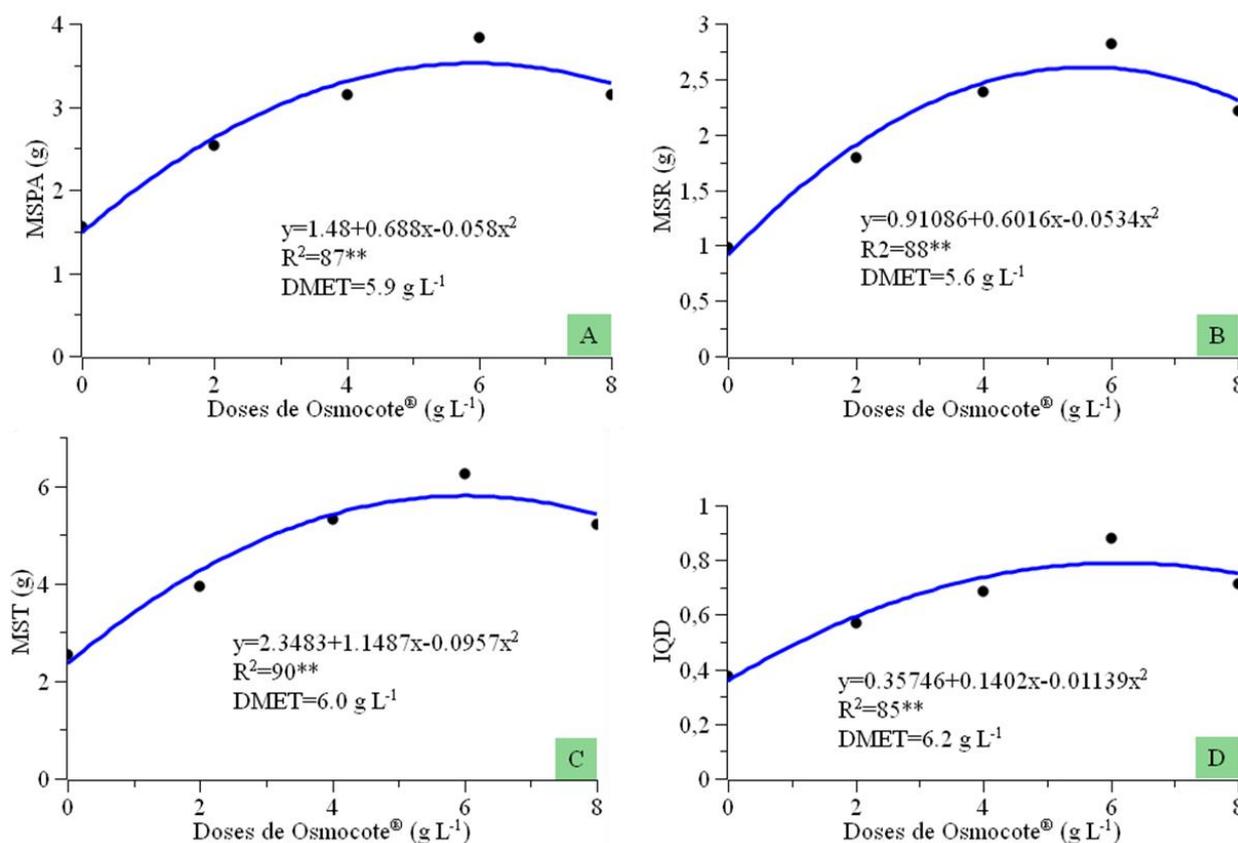


Figura 2. Resultados médios da massa seca da parte aérea (A), da raiz (B), da total (C) e do Índice de Qualidade de Dickson (D) de mudas de *Lecythis lurida* submetidas a diferentes doses de Osmocote® aos 120 dias após a semeadura.

Figure 2. Average dry mass results of the shoot (A), root (B), total (C) and Dickson Quality Index (D) of *Lecythis lurida* seedlings subjected to different doses of Osmocote® at 120 days after sowing.

A medida da MSPA, é um método alternativo de aferição do desenvolvimento e qualidade das mudas, essa variável expressa a rusticidade da muda (SMIDERLE et al. 2018). Mudanças com alto conteúdo de MSPA tendem a ser mais lignificadas e rústicas, o que implica em maior quantidade de tecidos mais espessos e duros, que contribui para sua resistência e durabilidade. Essa resistência extra permite que as mudas enfrentem melhores condições adversas, como períodos de seca, ventos fortes, ataques de pragas e doenças, entre outros estresses ambientais.

A matéria seca da raiz (MSR) também foi afetada de modo significativo pelas diferentes doses de fertilizante Osmocote®. Na DMET estimou-se o valor de 2,6 g para a MSR, quando comparada à testemunha, constatou-se um incremento de 186% (Figura 2B). Comportamento semelhante ao observado por JARDIM et al. (2023) em trabalho realizado com mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess submetidas a doses crescentes de Osmocote® e por ROSSA et al. (2013) trabalhando com adubação de liberação lenta em mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*.

O valor de 5,8 g para a MST das plantas de *Lecythis lurida* foi estimada na DMET (Figura 2C). Quando comparada a MST das mudas testemunhas, nota-se um incremento de crescimento de 147%. Segundo SANTOS et al. (2020) a MST acumulada na muda é resposta a produção da fotossíntese líquida adicionada a massa de substâncias minerais consumidos pela planta.

O maior valor para IQD (0,9) foi obtido com a DMET estimada (6,2 g L⁻¹) para as plantas de *Lecythis lurida* cultivadas em ambiente protegido (Figura 2D). Quanto maior valor do IQD, melhores mudas produzidas para serem cultivadas em campo (FREITAS et al. 2017). Ainda segundo os autores, o IQD é um índice balanceado, pois associa outros parâmetros como MST, H/DC e MSPA/MSR. Este índice é comumente utilizado na aferição de espécies florestais, principalmente, em trabalhos acadêmicos.

Em princípio, os resultados das variáveis morfológicas mostram que a dose 6,0 g L⁻¹ de fertilizante Osmocote® é suficiente para alcançar os critérios de qualidade desejáveis. Outros estudos corroboram com doses médias (6 g L⁻¹), semelhantes à do presente estudo, gerando um crescimento adequado de espécies florestais. MARTÍNEZ-NEVÁREZ et al. (2023) determinaram que a dose de 6 g L⁻¹ de FLC favorece o crescimento e nutrição de *Pinus cooperi* em viveiro. Por sua vez, JARDIM & SILVA (2023) recomendaram a dose 6,0 g L⁻¹ de Osmocote® para o estágio inicial de crescimento de mudas de *Theobroma cacao* em viveiro.

Análise nutricional das folhas de *Lecythis lurida*

Inicialmente, enfatiza-se que, até o momento, não existem referências na literatura que estabeleçam teores ideais para macro e micronutrientes para a espécie *Lecythis lurida*. Neste caso, a prática recomendada é monitorar cuidadosamente o desenvolvimento da planta e ajustar a adubação conforme suas necessidades. Buscando manter um equilíbrio nutricional adequado para promover um bom crescimento e a sanidade das mudas de *Lecythis lurida*.

Na Tabela 2, são apresentados dados relativos à análise foliar dos macros e micronutrientes das mudas de *Lecythis lurida*. Constata-se que as doses de Osmocote® influenciaram na concentração da maioria dos nutrientes existentes na matéria seca da parte aérea. O teor médio de cada macronutriente em cada tratamento obedeceu à ordem decrescente K>N>Mg>S>Ca>P de exigência na fase inicial de crescimento das mudas de *Lecythis lurida*. Já o teor médio de cada micronutriente em cada tratamento segue à ordem Fe>Mn>Zn>B>Cu. Na literatura é comum encontrar ordem para teores de nutrientes diferentes das apresentadas aqui (WALTER et al. 2022, MADRID-AISPURO et al. 2020). Esses nutrientes são exigidos pelas plantas em quantidades que variam de acordo com a espécie e o estágio de desenvolvimento (NEVES & FIOR 2020), adicionalmente pode-se acrescentar a procedência e progênes (SILVA et al. 2022, SANTOS et al. 2020).

O fertilizante Osmocote® não teve efeito significativo ($p>0,05$) na concentração de N na parte aérea das mudas de *Lecythis lurida* (Tabela 2). Ressalta-se que os valores encontrados no estudo permanecem dentro da faixa de 12 a 35 g kg⁻¹ considerada adequada para o N por MALAVOLTA et al. (1997). O N é um nutriente muito requerido em grande quantidade pelas plantas. O N faz parte de componentes celulares, como aminoácidos, ácidos nucléicos e está relacionado a processos fisiológicos importantes, como a fotossíntese e a divisão celular (MARTÍNEZ-NEVÁREZ et al. 2023).

O teor de P nas folhas das plantas controle foi significativamente inferior em comparação com os tratamentos com FLC, sugerindo a alta disponibilidade de P no fertilizante de liberação controlada no substrato (Tabela 2). A maior concentração de P (3,93 g kg⁻¹) foi obtida na maior dose de Osmocote®, considerado normal de acordo com KOPINGA & VAN DEN BURG (1995). Os teores de P obtidos a partir da

dose 4,0 g L⁻¹ estão dentro da faixa de 1,2 a 4,0 g kg⁻¹ estabelecidas para a maioria das plantas tropicais (MALAVOLTA et al. 1997). O P cumpre na planta funções essenciais no metabolismo energético celular e no processo de fotossíntese, que estão diretamente relacionadas ao crescimento (MARTÍNEZ-NEVÁREZ et al. 2023).

Tabela 2. Médias dos teores de macro e micronutrientes na massa seca das folhas de *Lecythis lurida* em função das doses de Osmocote®, aos 120 dias de cultivo.

Table 2. Average macro and micronutrient contents in the dry mass of *Lecythis lurida* leaves depending on the doses of Osmocote® after 120 days of cultivation.

Dose (g L ⁻¹)	Macronutrientes (g kg ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	B
0.0 (controle)	20.4 a	0.83 c	10.98 b	1.72 d	3.65 c	3.31 b	6.43 b	22.93 b	103.0 a	44.67 a	17.4 b
2.0	19.7 a	1.05 c	19.29 a	2.34 c	4.11 b	3.92 a	8.04 a	32.66 a	110.9 a	67.11 a	16.3 b
4.0	19.5 a	1.24 c	20.65 a	2.41 c	4.29 b	4.02 a	7.24 a	30.71 a	88.75 b	52.13 a	24.2 a
6.0	19.7 a	2.18 b	22.44 a	3.23 b	4.65 a	4.20 a	7.80 a	33.99 a	76.81 b	57.40 a	23.6 a
8.0	19.5 a	3.93 a	23.07 a	4.44 a	5.15 a	3.63 b	7.50 a	35.16 a	93.67 b	62.89 a	29.7 a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0.05$).

Quanto ao K, observa-se um aumento considerável entre a concentração da testemunha e a dose 2,0 g L⁻¹ de Osmocote®, correspondendo a 76% de incremento na concentração do nutriente (Tabela 2). Esse aumento substancial revela a importância desse nutriente nesse estágio de desenvolvimento da planta. Resultado corroborado por EPSTEIN & BLOOM (2004), que reportam um teor de 10 g kg⁻¹ de K como apropriado na matéria seca de plantas, independentemente de espécie. Dentre os cátions presentes nas plantas, o K se destaca por ser o mais abundante (HANSEL et al. 2021). O K atua diretamente na atividade fotossintética, na manutenção da água dos tecidos vegetais, incrementa a absorção do N e a síntese de proteínas (MEURER et al. 2018).

O teor de Ca aumentou à medida que foram adicionadas doses maiores de Osmocote® no substrato (Tabela 2). Na dose de 8,0 g L⁻¹ de Osmocote®, o Ca apresentou um teor de 4,4 g kg⁻¹. EPSTEIN & BLOOM (2004) apresentam 5 g kg⁻¹ como uma referência para o teor de Ca na matéria seca de plantas. Por outro lado, LARCHER (2004) apresenta valores entre 3-15 g kg⁻¹ para Ca nas plantas. Portanto, o resultado encontrado para o Ca no presente estudo está dentro da faixa considerado aceitável pelos estudos citados anteriormente. Segundo MALAVOLTA et al. (1997), a adição de N e P no meio favorece o acúmulo de Ca nas folhas. Dessa forma, o aumento de Ca com aumento da dosagem de Osmocote® está relacionado ao aumento de P.

De modo semelhante ao que ocorreu com o nutriente Ca, o teor de Mg também aumentou sua concentração à medida que foi acrescentada as doses de Osmocote® (Tabela 2). Na dose de 8,0 g L⁻¹ de Osmocote®, o teor de Mg na parte aérea das mudas de *Lecythis lurida* foi 5,15 g kg⁻¹. Esse resultado é corroborado por MALAVOLTA et al. (1997), que estabelecem como teores adequados para Mg em essências florestais valores na faixa de 1,5 a 5,0 g kg⁻¹. Já a SBCS-CQFS (2004) também estabelece que para espécies florestais, valores adequados para Mg estão no intervalo entre 2 e 8 g kg⁻¹. Portanto, em todos os tratamentos, inclusive com as plantas testemunha, os resultados encontrados estão em conformidade com a literatura que estabelece a faixa aceitável de teor para Mg.

Em relação ao S, o maior teor, correspondendo a 4,2 g kg⁻¹ nas folhas das mudas de *Lecythis lurida*, foi obtido na dose 6,0 g L⁻¹ de Osmocote® (Tabela 2). EPSTEIN & BLOOM (2004) mencionam 1,0 g kg⁻¹ como adequado para a ocorrência de S nas plantas, enquanto SBCS-CQFS (2004) estabelecem um intervalo entre 1,0 a 2,0 g kg⁻¹.

O Fe encontrado nas folhas de *Lecythis lurida*, partiu de valor elevado na dose 2,0 g L⁻¹, apresentou um decréscimo nas doses intermediárias, seguida de aumento na última dose de Osmocote® (Tabela 2). Uma possível explicação pode estar relacionada ao efeito diluição, devido ao grande crescimento na biomassa seca das folhas (Figura 2), que resulta de diminuição na concentração de alguns elementos. A resposta quadrática às doses de Osmocote® combina com diminuição e retorno ao nível crescente do nutriente na maior dose de Osmocote®. Contudo, a concentração do Fe determinada nas folhas de *Lecythis*

lurida encontram-se entre 76,81 e 110,91 g kg⁻¹. Nesse intervalo, o teor de Fe está na faixa adequada, considerando que teor de Fe nos tecidos vegetais varia entre 25 e 200 mg kg⁻¹ (VIEIRA et al. 2020).

O teor de Mn encontrado nas folhas de *Lecythis lurida* apresentou comportamento semelhante ao do ferro. Na biomassa seca das folhas de *Lecythis lurida*, foi observado variação de 44,67 a 67,11 g kg⁻¹ no teor de Mn (Tabela 2). Os valores de Mn considerados apropriados para um crescimento e desenvolvimento das plantas estão entre 20 e 500 mg kg⁻¹, sendo que abaixo disso podem causar deficiência e acima, toxicidade (DECHEN & NACHTIGALL 2006). O Mn tem papel importante na ativação de enzimas da via do chiquimato, sendo essa via responsável pela biossíntese da cumarina (MARSCHNER 2012), destacando a importância da correta absorção desse nutriente.

O teor do elemento Zn aumentou à medida que foram adicionadas maiores doses de Osmocote® (Tabela 2). Na dose de 8,0 g L⁻¹ de Osmocote®, o Zn apresentou um teor de 35,16 g kg⁻¹. FAQUIN (2005) considera três situações de acordo com as espécies: concentração ótima (20 a 120 mg kg⁻¹), sintomas de deficiência (< 20 mg kg⁻¹) e toxidez (> 400 mg kg⁻¹). A espécie *Lecythis lurida* neste trabalho apresentou teores dentro da faixa considerada ótima. Ressalta-se que o Zn é essencial para o crescimento saudável das plantas, porém, quando presente em altas concentrações, pode se tornar tóxico e causar danos às plantas. O Zn está envolvido na estrutura e funcionamento de mais de 300 enzimas, na síntese de auxina, além de constituir parte estrutural das proteínas que se unem para formar moléculas de DNA (SABOOR et al. 2021).

Em relação a concentração do Cu, pouca variação foi observada entre os tratamentos, situando-se entre 6,43 e 8,04 g kg⁻¹ (Tabela 2). A literatura tem reportado dados sobre teores de Cu em diferentes variações no tecido vegetal. Por exemplo, RUSSO et al. (2022) encontraram valores entre 3,5 e 9,8 mg kg⁻¹, em trabalho onde se quantificou os teores de nutrientes em folhas de *Copaifera langsdorffii* Desf. em diferentes fitofisionomias. O Cu não é apenas um componente de várias enzimas, mas também está intimamente relacionado à assimilação de carbono, metabolismo de N, absorção e processos redox em plantas (LIU et al. 2022).

O teor de B aumentou com a adição de Osmocote® (Tabela 2). Os teores de B encontrados na matéria seca da parte aérea de *Lecythis lurida* variam entre 16,3-29,7 mg kg⁻¹. EPSTEIN & BLOOM (2004) apontam como referência para teor de B um valor aproximado de 20 mg kg⁻¹ na matéria seca de plantas. Todavia, a SBCS-SQFS (2004) ampliou o intervalo para teor de B que fica entre 10 e 50 mg kg⁻¹ considerado apropriado para determinadas espécies florestais. Por último, DECHEN & NACHTIGALL (2006) propuseram que plantas com teores abaixo de 15 mg kg⁻¹ são carentes desse micronutriente. O papel do B nas plantas está relacionado ao melhor crescimento, desenvolvimento, produtividade e qualidade das culturas (KOHLLI et al. 2023). Espécies dicotiledôneas, como a *Lecythis lurida*, requerem nível médio de B, porém, em altas concentrações as plantas são severamente afetadas (KOHLLI et al. 2023). Portanto, nossos resultados em relação ao B estão em pleno acordo com os padrões considerados ótimos para as plantas citados na literatura.

De uma forma geral, os resultados confirmaram a hipótese de que o uso de Osmocote® proporciona melhor crescimento e mudas bem nutridas de *Lecythis lurida*. Os fertilizantes de liberação controlada reduzem a perda de nutrientes por lixiviação, devido ao fornecimento de nutrientes em sincronia com as necessidades da planta (GOMES et al. 2017) e neste estudo as respostas da planta, expressas em índices de qualidade morfológica e nutricional, confirmaram esses efeitos (Figuras 1 e 2 e Tabela 2). Por fim, recomenda-se a realização de testes em campo, e, avaliar as compensações econômicas obtidas com o uso do fertilizante de liberação controlada frente ao uso de fertilizantes convencionais.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, a dose 6,0 g L⁻¹ do fertilizante Osmocote® é a mais adequada para promover o crescimento e o vigor das mudas de *Lecythis lurida*. Essa dose proporciona maior crescimento nas variáveis morfológicas, indicando um melhor desenvolvimento das mudas. A referida dose resulta um adequado estado nutricional para as mudas de *Lecythis lurida*, contribuindo para a produção de mudas de qualidade em casa de vegetação.

REFERÊNCIAS

ABDULLAH HS et al. 2023. A Review on Industrial By-products as Materials to Coat Compound Fertilizer. International Journal for Multidisciplinary Research 5.

- ALVARES CA et al. 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22: 711-728.
- ARAÚJO JM et al. 2023. Shading and controlled-release fertilizer in the production of *Oenocarpus bataua* Mart. Seedlings. *Comunicata Scientiae* 14: e3988.
- BRACHTVOGEL EL & MALAVASI UC. 2010. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* (sprengel) taubert em viveiro. *Revista Árvore* 34: 223-232.
- CORRÊA KKS et al. 2018. Ajuste e classificação do potencial volumétrico de *Lecythis lurida* (Miers) Mori, Flona do Tapajós. *Nativa* 6: 395-401.
- COSTA JW et al. 2022. Effects of Raising Saturation by Bases on the Initial Growth of Yellow Ipe Seedlings. *Ensaio e Ciências* 26: 434-439.
- CUNHA FL et al. 2021. Efficiency of slow release fertilizers in the production of *Eucalyptus grandis* seedlings. *Floram* 28.
- DANTAS RP et al. 2018. Qualidade de mudas de *Tabebuia aurea* (manso) benth. & hook. em dois ambientes e diferentes níveis de fertirrigação. *Ciência Florestal* 28: 1253-1262.
- DECHEN AR & NACHTIGALL GR. 2006. Micronutrientes. In: Fernandes MS, editor. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 327-54.
- DUARTE EF et al. 2020. Maturação de frutos e sementes de Inhaíba (*Lecythis lurida* [Miers] S. A. Mori – Lecythidaceae). *Revista de Biologia Neotropical* 17: 15-34.
- EPSTEIN E & BLOOM AJ. 2004. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2.ed. Londrina: Planta.
- FAQUIN V. 2005. *Nutrição Mineral de Plantas*. Lavras: UFL.
- FERREIRA DF. 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* 35: 1039-1042.
- FREITAS TAS et al. 2021. Produção de mudas de *Senegalia bahiensis* Benth. em diferentes volumes de tubetes. *Ciência Florestal* 31: 1105-1123.
- FREITAS ECS et al. 2017. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. *Ciência Florestal* 27: 509-519.
- GOMES EM et al. 2017. Qualidade de mudas de quiabeiro em função de diferentes dosagens de fertilizante de liberação lenta. *Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science* 10: 71-8.
- HANSEL FD et al. 2021. Nutrição mineral como aliada das plantas na tolerância a estresses ambientais. *INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS NPCT Nº 9 – MARÇO/2021*.
- JARDIM IN et al. 2023. Osmocote® provides better seedlings of *Calophyllum brasiliense* Cambess. *Scientia Plena* 19: 090203.
- JARDIM IN & SILVA HL. 2023. Efeitos benéficos do fertilizante de liberação controlada no crescimento e nutrição de mudas de cacau. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales* 16: 30988-31007.
- KOHLI SK et al. 2023. Boron in plants: uptake, deficiency and biological potential. *Plant Growth Regulation* 100: 267-282.
- KOPINGA J & VAN DEN BURG J. 1995. Using soil and foliar analysis to diagnose the nutritional status of urban trees. *Journal Arboriculture e Urban Forestry* 21: 17-24.
- LARCHER W. 2004. A utilização dos elementos minerais. In: *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Rima. p. 183-230.
- LIU Z et al. 2022. Effects of Plant Hormones, Metal Ions, Salinity, Sugar, and Chemicals Pollution on Glucosinolate Biosynthesis in Cruciferous Plant. *Frontiers in Plant Science* 13: 856442.
- MADRID-AISPURO RE et al. 2020. Alternative substrates and fertilization doses in the production of *Pinus cembroides* Zucc. in nursery. *Forests* 11.
- MALAVOLTA E et al. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: Potafos. 319p.
- MARSCHNER P. 2012. *Mineral nutrition of higher plants*. Adelaide: Academic Press.
- MARTÍNEZ-NEVÁREZ LE et al. 2023. Growth and Efficiency in the Use of Nutrients of *Pinus cooperi* C. E. Blanco Seedlings Produced in Nurseries with a Controlled Release Fertilizer. *Terra Latinoamericana* 41: 1-12.
- MENEGATTI RD et al. 2020. Different environments and doses of controlled-release fertilizer in peach rootstocks production. *Advances in Horticultural Science* 34: 157-166.
- MEURER JM et al. 2018. Potássio. In: FERNANDES MS et al. *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa: SBCS. p. 429-464
- NEVES OSC & FIOR CS. 2020. Sintomas visuais de deficiência de macronutrientes, micronutrientes e toxidez por sódio em erva-mate. *Revista Agrária Acadêmica* 3: 66–77.
- OLIVEIRA VP et al. 2021. Desenvolvimento e qualidade de mudas de *Parkia gigantocarpa* Ducke (Fabaceae) em função de fertilizante de liberação controlada. *Scientia Plena* 17.
- PIMENTEL-GOMES F. 2009. *Curso de estatística experimental*. 15.ed. Piracicaba: FEALQ.
- ROSSA UB et al. 2013. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. *Floresta* 43: 93-104.
- RUSSO AA et al. 2022. Teores de nutrientes em solo e folhas de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) em diferentes fitofisionomias. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 19: 85-90.
- SABOOR A et al. 2021. Zinc nutrition and arbuscular mycorrhizal symbiosis effects on maize (*Zea mays* L.) growth and productivity. *Saudi Journal of Biological Science* 28: 6339-51.
- SANTOS AR et al. 2020. Controlled-release fertilizer in the growth of *Dalbergia nigra* seedlings. *Floresta* 50: 1203-1212.

- SILVA LDD et al. 2019. Controlled-release Fertilizer in the Production and Quality of *Acacia mangium* Seedlings. *Floresta e Ambiente* 26: e02092017.
- SILVA OMC et al. 2022. Adubação fosfatada no crescimento inicial de sete espécies florestais nativas destinadas à recuperação de uma área degradada. *Ciência Florestal* 32: 371-394.
- SMIDERLE OJ et al. 2018. Parameters of growth and nutrient absorption curve of african mahogany seedlings with and without nutrient solution. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 8: 83-91.
- SBCS-CQFS. 2004. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo—Comissão de Química e Fertilidade do Solo: Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: SBCS.
- VEJAN P et al. 2021. Controlled release fertilizer: A review on developments, applications and potential in agriculture. *Journal of Controlled Release* 339: 321-334.
- VIEIRA CR et al. 2020. Saturação por bases no crescimento e na qualidade de mudas de paricá. *Scientia Forestalis* 48: e2934.
- WALTER LS et al. 2022. Growth and Quality of Yerba Mate Seedlings Affected by Fertilizer Doses in South Brazil. *Agriculture, Agribusiness and Biotechnology* 65: e22210394.