

ÁREA FOLIAR DE MUDAS DE *Khaya senegalensis* SOB DOSES CRESCENTES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA

Sannawá da Graça Ferreira¹, Jacyelli Sgranci Angelos¹, Marnela da Caridade Manuel¹, Maria Eduarda Marques Conceição², Bruna Chaves Amaral², Marcos Vinicius Winckler Caldeira¹, Carlos Henrique Rodrigues de Oliveira³.

¹Universidade Federal do Espírito Santo - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Avenida Governador Lindenberg, 316, Centro – 29.550-000 – Jerônimo Monteiro -ES, Brasil,, snnwfrrr@gmail.com, jacysgranci@gmail.com, caridademarinela@gmail.com, mvwcaldeira@gmail.com.

²Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, S/N, Guararema, 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, mariamarques.bio@gmail.com, eng.brunachaves@gmail.com.

³Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Rodovia ES-482, Km 47, Distrito de Rive - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, carlos.oliveira@ifes.edu.br.

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento de mudas de mogno-africano (*Khaya senegalensis*) através do parâmetro morfológico área foliar com doses crescentes de Fertilizante de Liberação Controlada (FLC) 18-05-09. O experimento aconteceu em casa de vegetação no Ifes - Campus Alegre, ES em delineamento experimental inteiramente casualizado, utilizando oito doses de FLC (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 g L⁻¹) com unidade experimental de 14 mudas e 4 repetições por dose. A área foliar foi medida aos 4 meses com o equipamento LI - 3100C. Foram selecionadas e desfolhadas 2 mudas por repetição, e, portanto, 8 por tratamento. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk e posteriormente a análise de variância (ANOVA), ambos a 5% de significância. Foi realizado os ajustes de modelos polinomiais, e encontrada a dose de máxima eficiência técnica (DMET). Os resultados mostraram que a adição de FLC favoreceu o crescimento em área foliar de mudas de *K. senegalensis* até a DMET encontrada de 9,20 g L⁻¹. Portanto, a adição de fertilizante pode ser considerada uma boa estratégia para melhorar a qualidade das mudas dessa espécie.

Palavras-chave: Fertilizante de Liberação Controlada. Mogno-africano. Silvicultura. Viveiro florestal.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias - Engenharia Florestal
Introdução

Os cultivos de mogno-africano (*Khaya spp.*) no Brasil têm ganhado destaque dada sua madeira de qualidade junto a sua coloração de tons marrom avermelhado e arroxeado que são propícios para a indústria moveleira, laminados, de construção civil e naval (Queiroga *et al.*, 2023). Além de ter se mostrado uma alternativa frente a utilização de mogno brasileiro uma vez que é resistente a larva *Hypsiphyla grendella*, que assola povoamentos da espécie nativa (França *et al.*, 2016). De fato, a projeção é de que ocorra um aumento das áreas destinadas ao plantio de mogno-africano no país (Ferraz Filho *et al.*, 2021).

Contudo é importante que sejam utilizadas mudas de boa qualidade para que plantios florestais sejam bem-sucedidos. Isso porque possuem maiores chances de sobrevivência e crescimento no pós-plantio, minimizando o replantio e a necessidade de outras intervenções (Cruz; Paiva; Guerrero, 2006). Sendo assim, segundo os autores anteriormente citados, entende-se que a fertilização tem grande relevância nesse aspecto, pois afeta tanto o crescimento quanto a capacidade de adaptação das plantas.

De fato, nutrientes essenciais, comumente supridos por fertilizantes, são imprescindíveis na estrutura e metabolismo de uma planta, e sua falta pode até mesmo impedir o seu ciclo de vida (Taiz *et al.*, 2017). Entretanto, apesar de fertilizantes tradicionais serem muito aplicados, possuem baixa eficiência no aproveitamento dos nutrientes e ocasionam degradação ambiental (Govil *et al.*, 2024). Porque são facilmente dissolvidos, o que acarreta perdas, lixiviação e contaminação do solo e da água. Dessa forma, inevitavelmente ocorrem também prejuízos econômicos.

Nesse sentido, a utilização de fertilizantes de liberação controlada é uma alternativa para se aumentar a eficiência no uso devido ao fornecimento gradual de nutrientes (Ravindran *et al.*, 2025). Vale ressaltar, entretanto, que são necessários maiores estudos que ofereçam diretrizes sobre a fertilização de mudas de espécies florestais exóticas, com o intuito de melhorar seus atributos comerciais (Smiderle *et al.*, 2020). Uma vez que espécies florestais têm necessidades nutricionais diferentes.

Sendo assim, são utilizados parâmetros morfológicos para avaliar a qualidade das mudas (Gomes *et al.*, 2002), como a área foliar. Este parâmetro é importante por estar relacionado a capacidade fotossintética da planta, e consequentemente ao seu crescimento (Sanquetta *et al.*, 2014). Diante o exposto o objetivo deste trabalho foi avaliar, em casa de vegetação, o desenvolvimento aos 120 dias de área foliar de mudas seminais de mogno-africano (*Khaya senegalensis*) com a aplicação de doses crescentes de FLC.

Metodologia

O experimento foi conduzido no viveiro de mudas do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes) - Campus Alegre, localizado no distrito de Rive, município de Alegre, ES. Latitude 20°45' 39" S e longitude 41°27' 25" O. O clima da região é Aw, clima tropical com inverno seco, de acordo com a classificação climática de Köppen (Alvares *et al.*, 2013).

Foi utilizado fertilizante de liberação controlada (FLC) na formulação 18-05-09 (N-P₂O₅-K₂O), com tempo de liberação de 5-6 meses. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), utilizando oito doses de FLC: 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 g L⁻¹, correspondentes aos tratamentos T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T7, respectivamente. A unidade experimental contou com 14 mudas e 4 repetições, totalizando 56 mudas por tratamento.

As sementes de mogno-africano utilizadas no desenvolvimento da pesquisa foram da espécie *Khaya senegalensis* e obtidas por meio de doação pela Associação Brasileira de Produtores de Mogno-africano (ABPMA). O substrato utilizado continha casca de pinus, cinzas, casca de arroz carbonizada, fosfato natural, NPK (dose mínima) e calcário dolomítico. A semeadura foi realizada colocando duas sementes de *K. senegalensis* por tubete de 280 cm³. O experimento foi instalado em casa de vegetação com luminosidade de 50%, solo coberto com rafia e canteiros suspensos 80 cm do solo. A irrigação foi conduzida em função das condições climáticas, sendo realizada por até quatro vezes ao dia por 10 minutos cada ciclo, com micro aspersores de vazão 160 L h⁻¹. Aos 30 dias foi realizado o raleio das mudas, deixando a muda mais centralizada ou vigorosa.

Aos 120 dias após a semeadura foram realizadas as análises de área foliar no laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal (LMEF) na Ufes - Campus Jerônimo Monteiro, ES. Logo, foram selecionadas 2 mudas por repetição, e, portanto, 8 por tratamento, que foram completamente desfolhadas. Essas folhas ainda frescas foram inseridas na fenda do medidor de área foliar LI - 3100C (LI-COR INC., 2025). Os dados foram registrados e realizada a média por tratamento.

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância com o objetivo de verificar o pressuposto de normalidade. Uma vez atendido esse pressuposto foi realizada a análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância. A ANOVA sendo significativa, foram analisados os ajustes de modelos polinomiais de regressão e selecionado o modelo que melhor se ajustava aos dados. Posteriormente constatou-se a dose de máxima eficiência técnica (DMET), pela derivada da equação encontrada, igualada a zero. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R versão 4.3.3 (R CORE TEAM, 2023), utilizando o pacote ExpDes.pt (Ferreira; Cavalcante; Nogueira, 2014).

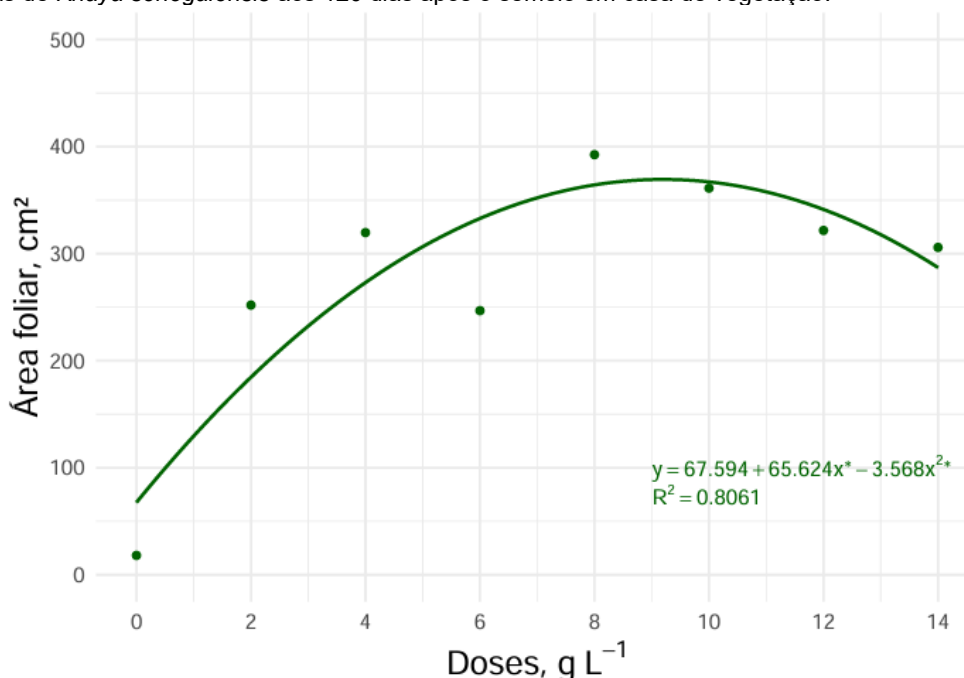
Resultados

De acordo com os resultados encontrados através da análise de variância (ANOVA), foi possível verificar que houve efeito estatístico significativo ($p < 0,05$) dos tratamentos sobre o crescimento em área foliar das mudas ao nível de 5% de significância. Apresentando coeficiente de variação (CV) de 23,1% e média 277,21 cm². Dessa forma, de acordo com o modelo de regressão ajustado (Figura 1),

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

constatou-se crescimento quadrático significativo de área foliar das mudas de mogno-africano com a adição de fertilizantes de liberação controlada.

Figura 1 - Análise de regressão quadrática da área foliar em função das doses utilizadas de FLC 18-05-09 em mudas de *Khaya senegalensis* aos 120 dias após o semeio em casa de vegetação.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A menor média de área foliar foi correspondente ao tratamento T0, sem a adição de FLC com 18,09 cm². Enquanto a DMET estimada foi de 9,20 g L⁻¹, correspondente a área foliar máxima de 369,59 cm². Nota-se, portanto, que para dosagens superiores a DMET, há o decaimento da variável analisada.

Discussão

O aumento da área foliar é uma variável importante, uma vez que o papel essencial das folhas é a fotossíntese. E, portanto, entende-se que folhas com grandes superfícies favorecem este processo, pelo qual a planta produz açúcares e energia essenciais ao seu desenvolvimento (Taiz *et al.*, 2017). Por conseguinte, segundo Severino *et al.* (2004), medir essa variável permite a correlação dos tratamentos aplicados, neste caso as doses de FLC, com a capacidade de interceptação da luz e de realizar a fotossíntese com eficiência. Segundo os autores citados, a área foliar também tem poder de influenciar na cobertura do solo e na competição com outras plantas. Isso porque uma boa cobertura do solo permite uma melhor ciclagem de nutrientes. Sobretudo, influenciando positivamente nas taxas de sobrevivência das mudas em campo.

Dessa forma, se atribui o crescimento da área foliar ao aumento da disponibilidade de nutrientes no substrato, em consequência das doses crescentes de fertilizante de liberação controlada, principalmente pelo maior aporte de NPK. Cabe ressaltar que o nitrogênio, além de possuir função estrutural, é fundamental para o crescimento vegetativo, fazendo parte de processos vitais do ciclo da planta, como fotossíntese, respiração, crescimento e diferenciação celular (Ferreira *et al.*, 2019). O fósforo também é um nutriente essencial, sendo parte importante de ácidos nucleicos, fosfolipídios, ATP e outras moléculas relevantes, sendo considerado, inclusive, o segundo nutriente mais importante para a produção, depois do N (Lopez-Bucio *et al.*, 2000). Enquanto o potássio aciona enzimas importantes para respiração e fotossíntese além da regulação do potencial osmótico das plantas (Taiz *et al.*, 2017).

Os resultados encontrados no presente trabalho estão de acordo com os de Navroski *et al.* (2016), que ao utilizar FLC 19-06-10, com a espécie *Eucalyptus dunnii* Maiden notou que em tubetes de 110 cm³ a área foliar quadruplicou utilizando a DMET de 5,36 g L⁻¹ em relação ao tratamento testemunha, e do mesmo modo, para o tubete de 55 cm³, com a DMET de 5,6 g L⁻¹, houve um aumento duas vezes maior do que a altura do tratamento com dose zero. Tais achados também estão em consonância com os resultados encontrados por Duboc *et al.* (2018) que notou que a ausência de FLC fez com que a área foliar fosse inferior quando comparadas as doses 8, 16 e 32 g Kg⁻¹ de FLC 15-09-12 com mudas de *Cedrela fissilis*.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos para mudas de *Khaya senegalensis* cultivadas em casa de vegetação, infere-se que a adição de FLC foi positiva ao crescimento da área foliar até a DMET 9,20 g L⁻¹, sendo essa dose recomendada ao se utilizar FLC 18-05-09 para maximizar a área foliar. Conclui-se, portanto, que a fertilização é uma boa estratégia para proporcionar o crescimento de mudas dessa espécie.

Referências

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A.. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-casas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v. 30, p. 537-546, 2006.
- DUBOC, E. *et al.* Substrato Orgânico e Adubação com Fertilizante de Liberação Controlada na Produção de Mudas de Cedro-Rosa (*Cedrela fissilis*). In: Agroecol, 2., 2018, Campo Grande. **Anais do AGROECOL**. Campo Grande: UFSM, 2018. p.1-10.
- FERRAZ FILHO, Antonio C. *et al.* African mahogany plantation highlights in Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 3, p. e20200081, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2020-0081>
- FERREIRA, E. B; CAVALCANTE, P. P; NOGUEIRA A.A. ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 19, p. 2952, 2014.
- FERREIRA, K. S. *et al.* Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas de aceroleiras em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Colloquium Agrariae**. p. 37-50, 2019.
- FRANÇA, T. S. F. A. *et al.* Natural resistance of plantation grown African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*) from Brazil to wood-rot fungi and subterranean termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 107, p. 88-91, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.11.009>
- GOMES, J. M. *et al.* Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, p. 655-664, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600002>.
- GOVIL, S. *et al.* Controlled-release fertiliser: Recent developments and perspectives. **Industrial Crops and Products**, v. 219, p. 119160, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119160>
- LI-COR INC. **LI-3100C Leaf Area Meter**. Disponível em: <https://www.licor.com/products/leaf-area/LI-3100C>. Acesso em: 12 ago. 2025.

LOPEZ-BUCIO, J. *et al.* Aumento da absorção de fósforo em plantas de tabaco transgênicas que produzem citrato em excesso. **Nature biotechnology**, v. 18, n. 4, p. 450-453, 2000.

QUEIROGA, *et al.* **Mogno africano (*Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss.): tecnologias de plantio e utilização**. 1. ed. Campina Grande: Associação da Revista Eletrônica A Barriguda – AREPB, 2023. 205 p.

NAVROSKI, M. C. *et al.* Efeito do volume do tubete e doses de fertilizantes no crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Agrarian**, v. 9, n. 31, p. 26-33, 2016.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing, reference index version 4.3.3**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023.

RAVINDRAN, A. *et al.* Advancements and challenges in controlled-release fertilisers: An approach to integrate biopolymer-based strategies. **Industrial Crops and Products**, v. 233, p. 121349, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.121349>

SANQUETTA, C. R. *et al.* Crescimento de área e índice de área foliar de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. em diferentes condições de cultivo. **Revista Biociências**, v. 20, n. 2, 2014.

SEVERINO, L. S. *et al.* Método para determinação da área foliar da mamoneira. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 8, n.1, p. 753-762, 2004.

SMIDERLE, O. J. *et al.* Nutritional status and biomass of african mahogany seedlings grown with nutrient solution in the Northern Amazon. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 958-970, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509819904>

TAIZ, Lincoln et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Associação Brasileira de Produtores de Mogno Africano pela doação das sementes, e pela viabilidade da pesquisa, a Capes pelo auxílio financeiro, e ao Ifes-Campus Alegre pelo suporte e infraestrutura.