



PRODUÇÃO DE CLONES DE MOGNO COM BAIXO CUSTO UTILIZANDO ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO, NUTRIÇÃO EM MINIJARDIM E TIPO DE PROPÁGULO VEGETATIVO

Rafael Barbosa Diógenes Lienard¹, Annanda Souza de Campos¹, Lucas Graciolli Savian¹, Barbara Valentim de Oliveira², Felipe Coelho de Souza¹, Paulo André Trazzi^{1*}

Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil¹

Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil²

*paulo.trazzi@ufac.br

RESUMO

Swietenia macrophylla King (mogno) é uma espécie arbórea neotropical de alto valor, atualmente ameaçada devido à exploração madeireira intensiva nas últimas décadas. No contexto das mudanças climáticas e da crescente demanda por restauração ecológica, tecnologias para produção clonal são essenciais para a conservação e o uso sustentável desta espécie. Este estudo teve como objetivo desenvolver um protocolo de baixo custo para propagação clonal de mogno por meio de miniestacas, avaliando os efeitos da nutrição do minijardim, do tipo de propágulo vegetativo e da aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento e no crescimento inicial do clone. O experimento foi conduzido em viveiro sob condições controladas, utilizando miniestacas basais e apicais enraizadas em miniestufa de baixo custo, submetidas a três concentrações de solução nutritiva (50%, 100% e 200%) e cinco doses de AIB (0-8000 ppm). A técnica de miniestaca se mostrou eficiente, alcançando mais de 90% de sobrevivência após a fase de enriquecimento. A concentração de 200% da solução nutritiva proporcionou um desempenho equilibrado entre os tipos de corte, otimizando a produtividade clonal. Os resultados destacam o potencial do miniestaque como técnica viável para a conservação e produção sustentável do mogno, apoiando a adaptação do setor florestal tropical aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

Palavras-chave: clonagem de plantas, miniestaquia, produção de mudas, fertirrigação, enraizador.

INTRODUÇÃO

Swietenia macrophylla King, conhecida popularmente como mogno, é uma espécie arbórea neotropical de alto valor madeireiro, reconhecida pelas excelentes características estéticas, físicas e mecânicas de sua madeira. Devido à intensa exploração, especialmente nas décadas de 1970 e 1980, a espécie passou a integrar a lista de espécies ameaçadas de extinção (CITES, 2019). No contexto das mudanças climáticas e da crescente demanda por restauração ecológica, viabilizar métodos alternativos de produção de mudas são essenciais para a conservação e o uso sustentável de espécies que dependem exclusivamente da propagação via semente.

Dentre as diversas formas de propagação vegetativa, a miniestaquia tem tido destaque pela sua eficiência, se caracterizando por uma variação da técnica de estaquia, desenvolvida a partir da década de 1990, que apresenta aprimoramentos metodológicos que permitem a otimização do enraizamento das mudas, principalmente para materiais de difícil propagação (XAVIER *et al.*, 2013).

Nesse contexto, apesar de estudos recentes observarem a propagação vegetativa por miniestaquia ser testada com algum sucesso em espécies florestais nativas (FREIRE *et al.*, 2019; OLIVERIA *et al.*, 2016; SANT'ANA *et al.*, 2023), ainda há necessidade de um maior arcabouço teórico para possibilitar a elaboração de um protocolo de produção de mudas por miniestacas clonais em espécies amazônicas.

Este estudo teve como objetivo desenvolver um protocolo de baixo custo para propagação clonal de mogno por meio de miniestacas, avaliando os efeitos da nutrição do minijardim, do tipo de propágulo vegetativo e da aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento e no crescimento inicial do clone.

MATERIAL E MÉTODOS

Área do experimento

O presente trabalho foi realizado em viveiro do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, localizado no município de Rio Branco, situado no Estado do Acre, pertencente à Amazônia Sul-Occidental brasileira. O clima predominante do local, de acordo com a classificação de Köppen, caracteriza-se por Am (clima tropical chuvoso de monção) (ALVARES *et al.*, 2013).

Minijardim clonal

O experimento foi conduzido com mudas de *Swietenia macrophylla* King (mogno) em estágio de transplântio, com altura média de 15 cm. A representatividade genética foi assegurada pela amostragem do maior número possível de matrizes, conforme os critérios de Vencovsky (1987). O minijardim clonal foi estabelecido em ambiente protegido, em vasos de 5 litros contendo substrato comercial florestal e areia lavada, na proporção de 3:1 (v/v), totalizando 81 minicepas. Após 30 dias de aclimação, as mudas foram decepadas a 10 cm da base para indução de brotações. A adubação foi realizada via fertirrigação manual, com aplicação de 150 mL a cada três dias, utilizando soluções nutritivas formuladas com base em Barbosa Filho *et al.* (2017), contendo macro e micronutrientes.

O fator A, correspondente às soluções nutritivas, foi composto por três níveis de concentração: 50%, 100% e 200% da solução base. O delineamento experimental no minijardim seguiu o esquema de blocos casualizados (DBC), com três repetições, nove plantas por parcela e três níveis de tratamento.

Enraizamento de miniestacas

Miniestacas de *Swietenia macrophylla* foram obtidas a partir das brotações de minicepas, 60 dias após o início da aplicação de soluções nutritivas em diferentes concentrações (Fator A), sendo classificadas como apicais ou basais (Fator B).

O enraizamento foi conduzido por 90 dias em miniestufa de sistema fechado, sob alta temperatura e umidade, em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 3 × 2, com três repetições e oito miniestacas por parcela. Após essa fase, as estacas foram aclimatadas por 20 dias em casa de sombra e rustificadas por 60 dias a pleno sol.

Em etapa complementar, avaliou-se o efeito de cinco concentrações de AIB (0, 1000, 2000, 4000 e 8000 ppm) sobre miniestacas apicais provenientes de minicepas adubadas com 100% da solução nutritiva base. As variáveis analisadas foram: presença de raízes na base inferior do tubete aos 60 dias, sobrevivência aos 90 dias, e biomassa seca aos 170 dias após o estaqueamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$), identificou-se uma tendência indicando que concentrações mais elevadas da solução nutritiva podem contribuir para o aumento da produção de brotos (Tabela 1). Minicepas submetidas à solução nutritiva a 200% apresentaram maior número de brotos por planta, sugerindo um potencial influência positiva da maior disponibilidade de nutrientes no vigor vegetativo dos clones de mogno.

Tabela 1. Efeito da concentração da solução nutritiva na produtividade de minicepas de mogno 60 dias após a poda

Concentração da Solução Nutritiva Base (%)	Número de brotos por minicepa	Produção de miniestacas
50	1,15	1,97
100	1,22	1,93
200	1,37	2,14

De acordo com Barbosa Filho *et al.* (2017) – pesquisa que serviu como base para a formulação da solução nutritiva utilizada nesta pesquisa – em estudo com *Khaya anthotheca* (mogno africano), foi observada uma média de aproximadamente 1,8 miniestacas por minicepa com um intervalo de 60 dias entre poda e coleta, resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho. Valores próximos foram relatados por Oliveira *et al.* (2015) em pesquisas com *Handroanthus heptaphyllus*, com média de 1,76 miniestacas por minicepa 90 dias após a poda. Resultados semelhantes para relação minicepa/miniestaca também podem ser observados em espécies florestais intensivamente selecionadas para produtividade, como as do gênero *Eucalyptus*, no entanto, a coleta dos propágulos costuma ocorrer em intervalos mais curtos, variando de 7 a 21 dias, além de serem conduzidos com espaçamentos menores entre as plantas (ALFENAS *et al.*, 2009).

Independentemente do tipo de miniestacas e da concentração da solução nutritiva, a técnica de miniestacas produziu excelentes resultados com alta taxa de sobrevivência (>90%). A taxa de sobrevivência permaneceu consistentemente alta em todos os tratamentos, indicando a robustez e a eficácia desse método de propagação para o mogno. Isso também sugere que o sistema de miniestufa de baixo custo elaborado é altamente eficiente para a produção clonal desta espécie.

Resultados semelhantes foram observados em outros trabalhos que avaliaram o desempenho de miniestacas de espécies florestais, com taxas de sobrevivência superiores a 90% (BRONDANI *et al.*, 2012; WENDLING *et al.*, 2015; BARBOSA FILHO *et al.*, 2017). Entretanto, a sobrevivência não pode ser avaliada isoladamente como um indicador de sucesso da propagação clonal.

Embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) para as variáveis de sobrevivência e mortalidade das miniestacas de mogno, a menor taxa de mortalidade e maior proporção de miniestacas vivas sem raízes foi registrada na dose de 8.000 mg L⁻¹ de AIB, indicando que concentrações mais elevadas podem promover a manutenção da viabilidade fisiológica das miniestacas, possivelmente reduzindo o estresse oxidativo e preservando a integridade celular, mesmo sem indução radicular imediata. Por outro lado, a variável referente à emissão de raízes no fundo do tubete apresentou diferença estatística significativa, evidenciando que concentrações superiores, especialmente 4.000 mg L⁻¹, podem favorecer de forma positiva o enraizamento de miniestacas da espécie.

Os efeitos positivos do AIB sobre o enraizamento foram também demonstrados por Azad e Matin (2015), que observaram maior porcentagem de sobrevivência e formação radicular com o uso de 0,4% de AIB (≈4.000 mg L⁻¹) em miniestacas de mogno. Resultados semelhantes foram encontrados por Torres *et al.* (2024), que observaram as melhores respostas em enraizamento e sobrevivência de estacas de mogno com a aplicação de 3.000 mg L⁻¹ de AIB, em condições controladas de microtúnel na Amazônia peruana, o que destaca que a aplicação exógena de auxinas é essencial para estimular a rizogênese em espécies tropicais.

Após o processo de rustificação, a interação entre a concentração da solução nutritiva e o tipo de miniestaca na produção de biomassa demonstra que as estacas basais apresentaram desempenho semelhante ou até melhor do que as estacas apicais, mesmo sob a concentração padrão de nutrientes (100%). Isso indica que os propágulos basais são altamente eficientes para o acúmulo de biomassa, reforçando seu potencial para uso na propagação clonal de mogno em larga escala.

Tabela 3. Efeito da interação entre concentração da solução nutritiva base (SNB%) e tipo de miniestaquia na produção de biomassa seca total (g/planta)

Concentração da SNB (%)	Miniestaca apical (g/planta)	Miniestaca Basal (g/planta)
50	0,73 bA	1,05 bA
100	0,75 bB	1,61 aA
200	1,38 aA	1,57 aA

*Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatística pelo teste Tukey ($P < 0,05$); Letras iguais não diferem entre si significativamente.

Segundo Hartmann *et al.* (2017), estacas coletadas de porções apicais apresentam menor maturidade dos tecidos e grau de lignificação. A maior lignificação dos tecidos pode estar associada a uma maior resistência à desidratação, especialmente em condições de estresse hídrico e térmico, como as enfrentadas na etapa final do experimento, conduzida a pleno sol.

Esse comportamento pode estar relacionado à estratégia fisiológica das plantas sob estresse, que tendem a redirecionar nutrientes e energia para processos que aumentam suas chances de sobrevivência, mesmo que em detrimento do crescimento (BROETTO *et al.*, 2017). Essa hipótese é reforçada pelo desempenho das miniestacas apicais sob 200% de nutrição, cujo resultado não diferiu estatisticamente das miniestacas basais, sugerindo que a maior intensidade nutricional pode ter elevado o vigor das mudas, favorecendo sua resistência às condições de campo.

CONCLUSÕES

- O minijardim de *Swietenia macrophylla* King (mogno) apresentou uma produção média de 2 miniestacas por minicepa, em um intervalo de poda de 60 dias;
- Clones de mogno podem ser produzidos de maneira eficiente através da miniestaquia, com sobrevivência média acima de 90% após 170 dias;
- A aplicação de Ácido indol-3-butírico em concentração de 4000 e 8000 ppm favorecem o desenvolvimento radicular de clones de mogno aos 60 dias após o estaqueamento;

- Realizar a fertirrigação no minijardim com intensidade de 200% da solução nutritiva base adotada potencializa o desempenho em campo de mudas clonais de mogno.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq Processo 408601/2023-0) pela concessão de recursos financeiros e apoio ao projeto de pesquisa. Agradecemos também ao Viveiro da Floresta (Secretaria do Meio Ambiente do Acre) pela cessão de material e doação de mudas florestais.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. (2009) **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2009. 500 p.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. C.; SENTELHAS, P. C.; GOLÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AZAD, S.; MATIN, A. Effect of indole-3-butyric acid on clonal propagation of *swietenia macrophylla* through branch cutting. **Journal of Botany**, v. 2015, n. 1, p. 249308, 2015.
- BARBOSA FILHO, J.; CARVALHO, M. A.; OLIVEIRA, L. S.; KONZEN, E. R.; BRONDANI, G. E. Mini-cutting technique for *Khaya anthotheca*: selection of suitable IBA concentration and nutrient solution for its vegetative propagation. **Journal of Forestry Research**, v. 29, n.1, p. 73-84, 2017.
- BROETTO, F.; GOMES, E. R.; JOCA, T. A. C. **O estresse das plantas: teoria & prática**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017. 194 p.
- BRONDANI, G. E.; WENDLING, I.; BRONDANI, A. E.; ARAUJO, M. A.; SILVA, A. L. L.; GONÇALVES, A. N. Dynamics of adventitious rooting in mini-cuttings of *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 169–178, 2012.
- CITES – CONVENÇÃO SOBRE O COMÉRCIO INTERNACIONAL DAS ESPÉCIES DA FLORA E FAUNA SELVAGENS AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO. Apêndices I, II e III da CITES. Genebra: Secretaria da CITES, 2019. Disponível em: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>. Acesso em: 12 maio 2025.
- FREIRE, J. M.; VARÍSSIMO, L. N.; PEREIRA, B. R.; ROUWS, J. R. C.; ARTHUR JR, J. C. A. Vegetative propagation of *Hymenaea courbaril* L. and *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. by mini-cutting. **Revista Árvore**, v. 44, e4405, 2020.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. J. E.; DAVIES, R. F. T.; GENEVE, R. L.; WILSON, S. **Plant propagation: principles and practices**. 9th ed. New Jersey, Prentice Hall., 2017. 1024 p.
- OLIVEIRA, T. P. F.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; CARNEIRO, J. G. A.; OLIVEIRA, M. A. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2423-2432, 2015.
- OLIVEIRA, T. P. F.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; CARVALHO, G. C. M. W. Aplicação de aib e tipo de miniestacas na produção de mudas de *Handroanthus heptaphyllus* Mattos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 313-320, 2016.
- SANT'ANA, B. T.; BERUDE, M. C.; FELETTI, T. A.; CALDEIRA, M. V. W.; GONÇALVES, E. O. Produtividade de minicepas e enraizamento de miniestacas de sapucaia (*Lecythis lanceolata*). **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, 2023.
- TORRES, V. G.; GAONA, N.; ORDOÑEZ, L.; GARCÍA, P.; MENDOZA, W.; SAAVEDRA, J.; MACEDO, W.; REÁTEGUI, K.; BASELLY, J. R.; MARÍN, C. Cutting propagation technique of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in microtunnels from the Peruvian Amazon. **Bosque**, Valdivia, v. 45, n. 3, p. 485–495, 2024.
- VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. **IPEF**, n.35, p.79-84, 1987.
- WENDLING, I.; WARBURTON, P. M.; TRUEMAN, S. J. Maturation in *Corymbia torelliana* × *C. citriodora* stock plants: effects of pruning height on shoot production, adventitious rooting capacity, stem anatomy, and auxin and abscisic acid concentrations. **Forests**, v. 6, n. 10, p. 3763–3778, 2015.