

Propagação clonal de baixo custo em ipê-branco (*Handroanthus roseoalbus* (Ridl.) Mattos): concentrações da solução nutritiva e tipos de miniestacas

Rafael Barbosa Diógenes Lienard^{1*}, Annanda Souza de Campos¹, Lucas Graciolli Savian², Barbara Valentim de Oliveira¹, Felipe Coelho de Souza³, Paulo André Trazzi³

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, Brasil. ²Pós-doutorando em Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. ³Docente da Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, AC, Brasil. *rbdiogenes@gmail.com

Recebido em: 01/09/2025 Aceito em: 12/02/2026 Publicado em: 20/04/2026

DOI: <https://doi.org/10.29327/269504.8.1-8>

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da concentração da solução nutritiva no minijardim clonal e do tipo de miniestaca na produção clonal de baixo custo de *Handroanthus roseoalbus* (ipê-branco). O experimento foi conduzido no viveiro do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Amazônia Sul-Occidental brasileira. O minijardim clonal foi instalado em ambiente protegido, com sombreamento de 50%, solo coberto por ráfia e brita, bancadas suspensas e vasos de 5 L. As minicepas foram submetidas à fertirrigação manual via substrato, com aplicação de 150 mL a cada três dias, nas concentrações de 50, 100 e 200% da solução nutritiva base. Miniestacas basais e apicais foram enraizadas em miniestufa de baixo custo, construída com estrutura de PVC e lona transparente, sob nebulização constante. Após 80 dias em casa de vegetação, as mudas foram aclimatadas por 20 dias e posteriormente rusticadas por 60 dias, sendo a avaliação final realizada aos 160 dias pós-estaqueamento. Os clones apresentaram elevado percentual de sobrevivência, com média de 91% entre os tratamentos, além de produção consistente de biomassa. Tanto as miniestacas apicais quanto as basais apresentaram elevada capacidade de enraizamento. Contudo, as basais demonstraram maior eficiência na resposta à adubação, com desempenho superior na concentração mais elevada da solução nutritiva. Os resultados demonstram que a miniestaca é tecnicamente viável para a propagação clonal de ipê-branco, oferecendo uma alternativa eficiente em relação a métodos tradicionais.

Palavras-chave: Propagação Clonal. Nutrição de plantas. Silvicultural tropical.

Low-cost clonal propagation of white ipe (*Handroanthus roseoalbus* (Ridl.) Mattos): nutrient solution concentrations and mini-cutting types

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of nutrient solution concentration in the seedling mini-garden and mini-cutting type on the low-cost clonal propagation of *Handroanthus roseoalbus* (white ipe). The experiment was conducted at the nursery of the Parque Zoobotânico of the Federal University of Acre, in Rio Branco, Southwestern Brazilian Amazon. The clonal mini-garden was installed in a protected environment with 50% shade, soil covered with raffia and gravel, suspended benches, and 5-L pots. The mini-stumps were manually fertigated through the substrate, applying 150 mL every three days at concentrations of 50, 100, and 200% of the base nutrient solution. Basal and apical mini-cuttings were

rooted in a low-cost mini-greenhouse constructed with PVC structure and transparent film under constant misting. After 80 days in the greenhouse, the plantlets were acclimatized for 20 days and subsequently hardened for 60 days, with the final evaluation carried out at 160 days after cutting. The clones showed a high survival rate, averaging 91% across treatments, in addition to consistent biomass production. Both apical and basal mini-cuttings exhibited high rooting capacity; however, basal cuttings showed greater responsiveness to fertilization, with superior performance at the highest nutrient solution concentration. The results demonstrate that mini-cutting is a technically viable method for clonal propagation of white ipe, offering an efficient alternative to traditional propagation methods.

Keywords: Clonal Propagation. Plant Nutrition. Tropical Silviculture.

INTRODUÇÃO

As espécies arbóreas denominadas ipês destacam-se pelas flores de elevado apelo ornamental, amplamente empregadas em parques, jardins e demais projetos paisagísticos. Nesse contexto, a demanda por mudas de *Handroanthus roseoalbus* (Ridl.) Mattos, espécie popularmente conhecida por ipê-branco é expressiva (MORAES NETO, 2021).

Em contrapartida, a produção de mudas do gênero *Handroanthus* no contexto amazônico enfrenta limitações decorrentes da sazonalidade das safras de sementes florestais e da ausência de regulamentação das atividades de coleta, cuja execução requer planejamento e prévia demarcação das árvores matrizes, em razão da curta janela operacional, restrita ao final do período de estiagem. (CARVALHO et al., 2003; XAVIER et al., 2013).

Somado a isso, metas de reflorestamento em escala nacional e internacional, como o Programa de Regularização Ambiental (PRA) e o compromisso de restaurar 12 milhões de hectares assumido junto ao Acordo de Paris em 2015, o qual recentemente ganhou uma rota estratégica por meio do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (BRASIL, 2024), aumentam a demanda por mudas nativas, cuja produção ainda depende exclusivamente da coleta de sementes (SILVA et al., 2017).

Segundo dados do Observatório da Restauração Florestal, dos 153 mil hectares em processo de restauração no Brasil, apenas cerca de 15 mil estão localizados na Amazônia (ORR, 2025), o que pode indicar uma concentração limitada de iniciativas no bioma e sinalizar uma pressão eminente sobre o setor de produção de mudas, considerando que o prazo para o cumprimento do compromisso internacional de reflorestamento se encerra em 2030.

Dado a necessidade de atender essa crescente demanda por mudas nativas no âmbito paisagístico e ambiental, é fundamental a condução de experimentos no intuito viabilizar alternativas à propagação por sementes. Fornecendo assim, subsídio para elaboração de um protocolo que venha a padronizar e otimizar a produção de mudas

amazônicas florestais clonais, de forma que promova a utilização de uma maior gama de espécies nativas em reflorestamentos.

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).

Dessa forma, para a condução da miniestaquia é primordial avaliar o tipo de propágulo que será utilizado, visto que a possibilidade de enraizamento de uma maior gama de materiais vegetativos está associada ao melhor aproveitamento das brotações colhidas, aumentando a produtividade do minijardim. Assim, a miniestaca é classificada conforme sua posição de coleta no ramo da minicepa (apicais, intermediárias ou basais), uma vez que há um gradiente de juvenilidade em direção à base, o que influencia na emissão do sistema radicular (OLIVEIRA et al., 2016).

Neste sentido, a suplementação nutricional das minicepas é fundamental para o fornecimento de propágulos com alto vigor (BORELLI et al., 2024). Contudo, na elaboração do minijardim, por se tratar de um sistema semifechado, o controle da aplicação de nutrientes nas minicepas deve ser rigoroso, uma vez que há poucas perdas por lixiviação, desta forma, evitando desordens nutricionais (ALFENAS et al., 2009).

Apesar de estudos recentes observarem a propagação vegetativa por miniestaquia ser testada com algum sucesso em espécies florestais nativas (FREIRE et al., 2020; OLIVERIA et al., 2016; SANT'ANA et al., 2023), ainda há carência de um maior arcabouço teórico para possibilitar a elaboração de um protocolo de produção de mudas por miniestacas em espécies amazônicas. Podendo assim, fornecer alternativas viáveis para produção de mudas florestais, visando possibilitar a utilização de uma maior gama de espécies nativas amazônicas em reflorestamentos.

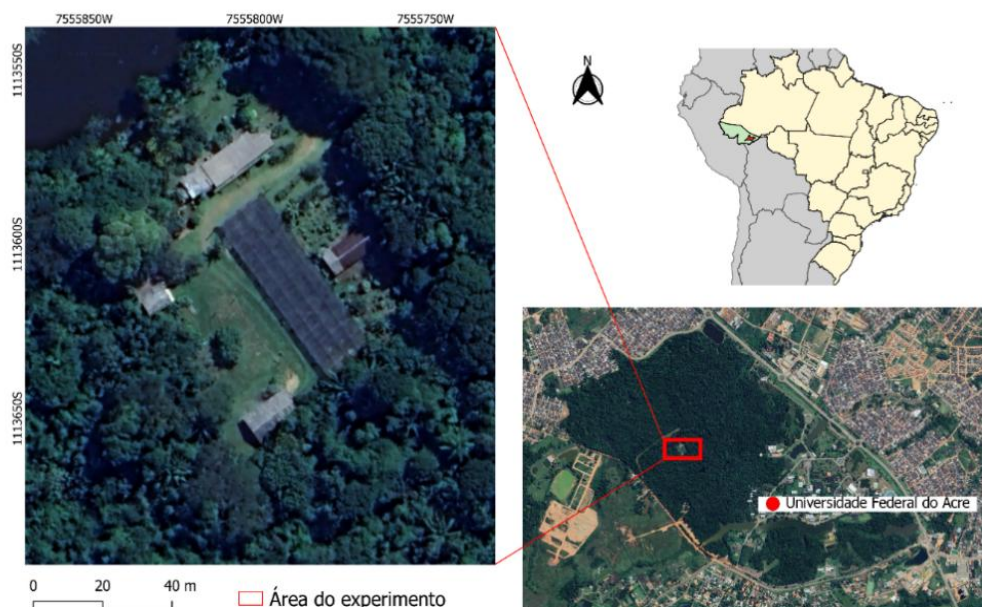
Nesse contexto, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a influência da concentração da solução nutritiva nos minijardins e dos diferentes tipos de miniestacas para a produção clonal de baixo custo de ipê-branco (*Handroanthus roseoalbus* (Ridl.) Mattos).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente trabalho foi realizado no viveiro situado no Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, localizada no município de Rio Branco – Acre (Figura 1). 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), sendo a etapa experimental da pesquisa conduzida durante o período chuvoso da região (outubro a março).

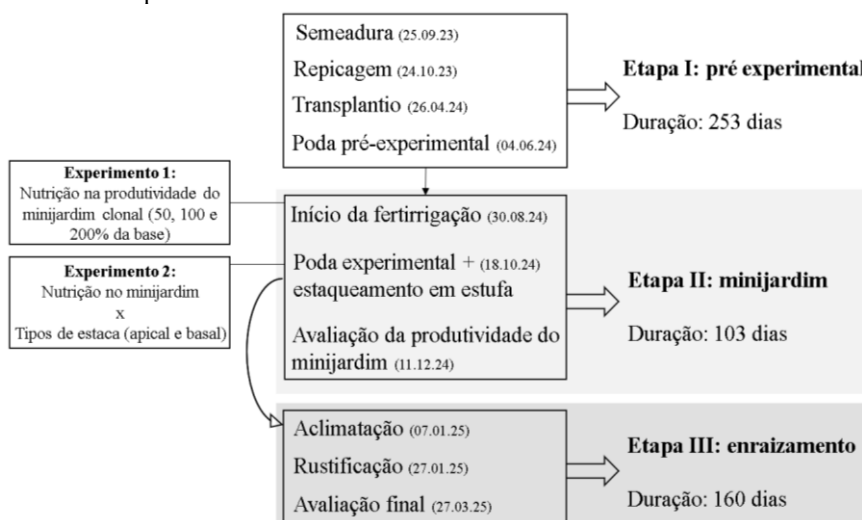
Figura 1 - Localização do Viveiro do Parque Zoobotânico, área em que o experimento foi conduzido. Datum SIRGAS 2000, base cartográfica IBGE 2024, imagens: *Google Satélite*®.



Fluxograma experimental

Para obtenção dos dados a serem avaliados, o experimento seguiu a sequência de etapas demonstradas na Figura 2. Dessa forma, o ciclo experimental teve início com a coleta e semeadura das minicepas, seguiu com as podas e a condução do Experimento 1 e foi finalizado pelo processo de clonagem que caracterizou o Experimento 2.

Figura 2 - Fluxograma contendo as etapas da condução do minijardim, enraizamento de miniestacas e rustificação de clones de ipê-branco.



Minijardim clonal

O minijardim clonal, de origem seminal, foi conduzido para mudas de ipê-branco (*Handroanthus roseoalbus* (Ridl.) Mattos), em ambiente protegido com solo coberto por rafia e brita, bancadas suspensas, implantado em vasos com capacidade volumétrica de 5 L (20 cm de diâmetro na parte superior), preenchidos com substrato comercial florestal e areia lavada, na proporção 3:1 (volume:volume), onde as mudas de cada espécie foram implantadas, com a finalidade de se obter três minicepas por vaso.

As sementes foram coletadas no Projeto de Assentamento Benfica (Rio Branco – AC). A representatividade genética de cada espécie selecionada foi respeitada, tentando-se amostrar o maior número de matrizes por espécie, seguindo os preceitos de Vencovsky (1987).

As mudas foram produzidas no viveiro do Parque Zoobotânico da Universidade Federal do Acre, em sombrite 50% e duas irrigações diárias. Para garantir uma germinação eficiente, as sementes foram tratadas de acordo com suas especificidades em relação ao armazenamento, beneficiamento e/ou quebra de dormência (BRASIL, 2013). Após a germinação, as plântulas foram repicadas em tubetes plásticos de 180 cm³, contendo substrato comercial florestal (*Pilar Produtos Agroecológicos®*, Lages - SC).

Ao atingirem altura média de 15 cm, as mudas foram transplantadas para os vasos (5 L) para compor o minijardim clonal, em espaçamento de crescimento 133 cm² por minicepa (três minicepas por vaso) e volume de substrato para desenvolvimento radicular de 1667 cm³ por minicepa. As mudas foram decepadas, a uma altura de 10 cm da base, após 40 dias de aclimação nos vasos, visando a quebra da dominância apical e indução

das brotações. O minijardim foi composto por 81 minicepas, onde foram efetuadas fertirrigações com macro e micronutrientes, potencializando seu crescimento vegetativo.

As soluções nutritivas foram baseadas nos resultados de Lienard et al. (2025). Desta forma, a solução nutritiva base foi formulada a partir dos sais solúveis (em mg. L⁻¹): monoamônio fosfato (40); sulfato de magnésio (133); nitrato de potássio (219); sulfato de amônio (123); nitrato de cálcio (200); ácido bórico (5,88); sulfato de manganês (5,33); molibdato de sódio (0,05); sulfato de cobre (0,4); sulfato de zinco (5); sulfato de ferro (33). Os tratamentos do fator A “solução nutritiva” foram constituídos por 50%, 100% e 200% em relação a concentração da solução nutritiva base (Tabela 1). O delineamento experimental adotado no minijardim foi em blocos casualizados (DBC), 9 plantas por parcela, 3 concentrações da solução nutritiva base e 3 repetições.

Tabela 1 - Concentração de sais solúveis nas três soluções nutritivas adotadas nos diferentes níveis de intensidade da fertirrigação do minijardim.

| Sal solúvel (mg/L) | SNB50% | SNB100% | SNB200% |
|---|--------|---------|---------|
| Monoamônio fosfato (MAP) – NH ₄ H ₂ PO ₄ | 20,0 | 40,0 | 80,0 |
| Sulfato de magnésio – MgSO ₄ ·7H ₂ O | 66,5 | 133,0 | 266,0 |
| Nitrato de potássio – KNO ₃ | 109,5 | 219,0 | 438,0 |
| Sulfato de amônio – (NH ₄) ₂ SO ₄ | 61,5 | 123,0 | 246,0 |
| Nitrato de cálcio – Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O | 100,0 | 200,0 | 400,0 |
| Ácido bórico – H ₃ BO ₃ | 2,9 | 5,9 | 11,8 |
| Sulfato de manganês – MnSO ₄ ·H ₂ O | 2,7 | 5,3 | 10,7 |
| Molibdato de sódio – Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| Sulfato de cobre – CuSO ₄ ·5H ₂ O | 0,2 | 0,4 | 0,8 |
| Sulfato de zinco – ZnSO ₄ ·7H ₂ O | 2,5 | 5,0 | 10,0 |
| Sulfato de ferro – FeSO ₄ ·7H ₂ O | 16,5 | 33,0 | 66,0 |

A fertirrigação foi realizada manualmente via substrato, com intensidade definida baseando-se na capacidade de campo do substrato, sendo essa de 150 ml a cada três dias. A aplicação dos tratamentos foi iniciada com as cepas já formadas (2 meses após o plantio) e as avaliações foram realizadas 100 dias após o início da aplicação dos tratamentos.

A quantificação da produção de miniestacas foi realizada considerando o aproveitamento máximo das brotações, estas variáveis foram integradas e analisadas a partir da equação proposta por Lienard et al. (2025) (1):

$$Y_{5cm} = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \frac{Hi}{5}\right)}{U.E} \quad (1)$$

Em que, Y_{5cm} : produção de miniestacas com tamanho mínimo para serem conduzidas ao enraizamento; H_i : comprimento da i -ésima brotação; N : número total de brotações. 5: tamanho mínimo de miniestaca adotado; U.E: Unidade Experimental ou número de plantas por parcela adotado.

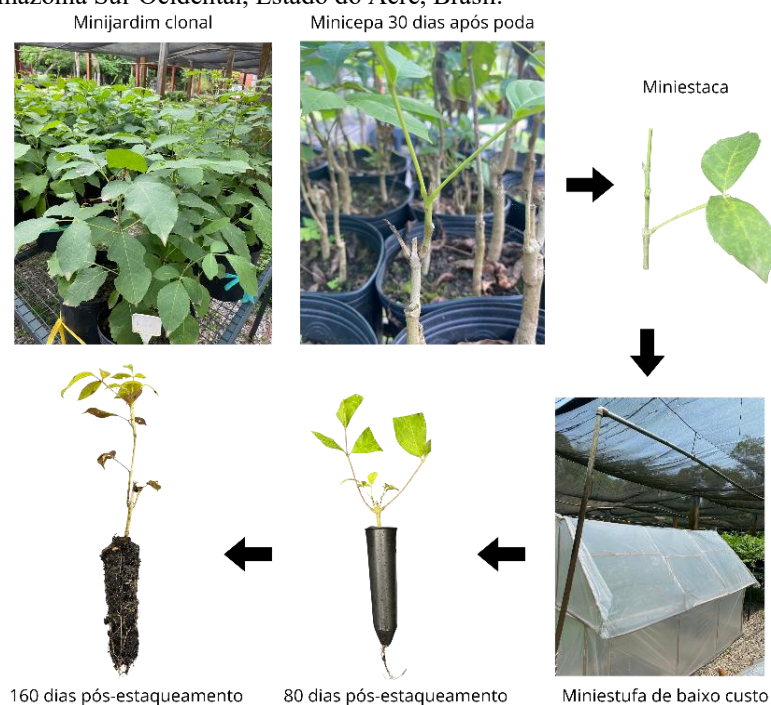
Enraizamento de miniestacas

Com a produção das brotações, as miniestacas foram coletadas e classificadas de acordo com a sua posição longitudinal no caule (basal e apical), formando assim os tratamentos para o Fator B “tipo de miniestaca”, conforme descrito por Hartmann et al. (2017). A coleta das miniestacas, em função de cada tratamento, foi realizada após 60 dias do início da aplicação do Fator A, por meio da obtenção das brotações emitidas pelas minicepas. Este processo foi conduzido utilizando uma tesoura de poda higienizada com álcool (70% v:v), no início da manhã, objetivando a redução da transpiração das miniestacas.

O processo de enraizamento das miniestacas foi realizado em casa de vegetação, do tipo miniestufa de baixo custo, com estrutura PVC (Policloreto de Vinila) em sistema fechado com lona transparente (200 μ m), promovendo condições de elevada temperatura (≈ 30 °C) e umidade ($>90\%$), montada e instalada na área do experimento (Figura 3). O sistema de irrigação foi de aspersão, automatizado por temporizador e motobomba, com intervalos de irrigação de um minuto a cada hora. Essas condições foram adotadas para garantir níveis elevados de temperatura e umidade, favoráveis ao processo de enraizamento (XAVIER et al., 2013). O delineamento experimental utilizado na casa de vegetação foi em blocos ao acaso (DBC), com 3 repetições e 8 plantas por parcela, em esquema fatorial duplo, com interação entre 3 soluções nutritivas (fator A) e 2 tipos de miniestaca (fator B).

As miniestacas permaneceram em casa de vegetação por 80 dias. Constatada a sobrevivência e enraizamento, foram destinadas à aclimação, em casa de sombra (sombrite 50%), onde ficaram por mais 20 dias. Sendo então, destinadas à rustificação a pleno sol, onde permaneceram por mais 60 dias.

Figura 3 - Produção de clones de ipê-branco por miniestaquia conduzida em sistema de miniestufa de baixo custo instalado na Amazônia Sul-Occidental, Estado do Acre, Brasil.



As miniestacas foram avaliadas quanto à sobrevivência pós-casa de vegetação e pós-rustificação. Em seguida, foi determinada a biomassa seca das mudas aos 160 dias após o estaqueamento, sendo realizado o índice massa seca da parte aérea/massa seca da raiz (MSPA/MSR) considerando o valor ótimo 2:1 ou 2,0 (CALDEIRA et al., 2008; GOMES e PAIVA, 2011). A secagem do material vegetal foi realizada em estufa com circulação de ar forçada a 60 °C, até a obtenção de massa constante. A pesagem foi realizada em balança de precisão (0,01g).

Análises estatísticas

A variável porcentagem de sobrevivência foi transformada pela função “ $y' = \arcsen(\text{raiz}(y/100))$ ”, objetivando torná-las mais próximas de uma distribuição normal (SOKAHL e ROHLF, 1995)

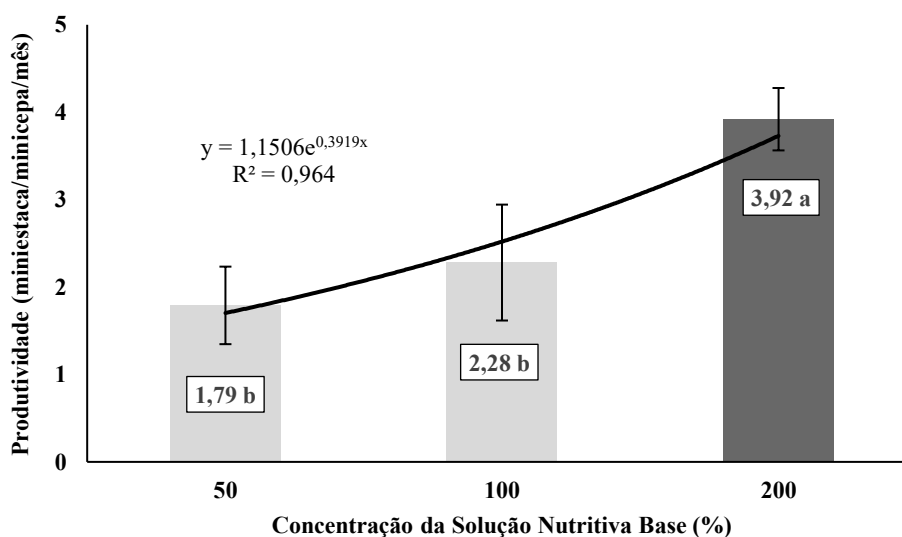
Os resultados produzidos pelos tratamentos foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (Bartlett, $p < 0,05$), e de normalidade dos erros (Shapiro-Wilk, $p < 0,05$). Atendidas as pressuposições, foi realizada a análise de variância ($p < 0,05$) com base no delineamento fatorial duplo em blocos casualizados (DBC), e, havendo diferença significativa, foi aplicado o teste de médias (Tukey, $p < 0,05$) para comparação entre as médias. Os testes de homogeneidade de variância e de normalidade dos erros, e

as análises de variância e os testes de médias foram realizados no programa R Studio versão setembro de 2025.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos, foi possível observar que as minicepas submetidas à SNB200% apresentam uma maior produção de miniestacas por planta ($p < 0,05$), indicando influência positiva da maior disponibilidade de nutrientes no vigor vegetativo dos clones de ipê-branco (Figura 4).

Figura 4 - Efeito da concentração da solução nutritiva base (SNB%) na produtividade de minicepas de ipê-branco 50 dias após a poda, sob sistema de minijardim clonal em vasos no sudoeste da Amazônia.



*Diferentes letras nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos, conforme o teste de Tukey ($p < 0,05$). Linhas verticais que acompanham as colunas representam o desvio-padrão das médias.

Não foram identificados estudos anteriores que quantificassem a produtividade de minijardins ou a produção de miniestacas para o ipê-branco. Contudo, em ipê-rosa (*Handroanthus heptaphyllus*), espécie de mesmo gênero, Oliveira et al. (2015) observaram uma produtividade média mensal de 1,42 miniestaca por minicepa, resultado da aplicação semanal de uma solução nutritiva cuja composição fornecia cerca de 70% dos macronutrientes aplicados semanalmente pela SNB adotada no presente estudo. Tal proporção é coerente com o observado na média do tratamento de 50% SNB ($1,79 \pm 0,44$ miniestaca/minicepa/mês), sugerindo um comportamento semelhante de resposta à fertirrigação entre ambas as espécies do gênero *Handroanthus*. Além disso, reforça a

influência positiva da intensificação da fertirrigação verificada em 200% SNB, que chegou a 3,92 miniestacas por minicepa ao mês.

Nesse sentido, Borelli et al. (2024) propuseram um protocolo de fertirrigação para minijardins clonais de seringueira (*Hevea brasiliensis*), avaliando diferentes intensidades de solução nutritiva. Chegando à conclusão de que uma dosagem equivalente a 180% SNB do presente estudo resultou em aproximadamente 3,5 miniestaca/minicepa/mês. Esse resultado se mostrou superior a dosagens ainda mais concentradas (equivalente a 360% SNB do presente estudo), que obtiveram médias de aproximadamente 2,8 miniestaca/minicepa/mês, sendo essa redução na produtividade atribuída ao desempenho fisiológico e produtivo mediante a faixa ótima nutricional da espécie, associado ainda a sintomas de toxidez por excesso de boro, os quais resultaram no aumento da mortalidade.

A partir dos dados experimentais, independentemente do tipo de miniestaca e da concentração da solução nutritiva, a técnica de miniestaquia produziu excelentes resultados com alta taxa de sobrevivência ($\bar{x}=91\%$). A taxa de sobrevivência permaneceu consistentemente alta em todos os tratamentos, indicando a robustez e a eficácia desse método de propagação para o ipê-branco.

Dessa forma, as condições ambientais no interior da miniestufa (temperatura ≈ 30 °C, umidade $>90\%$, cobertura plástica de 200 μm e sombreamento de 50%) se mostraram adequadas para favorecer a diferenciação celular do sistema radicular e manter a turgência das miniestacas de ipê-branco. Segundo Vilasboa et al. (2022), o desempenho da miniestaquia é fortemente influenciado pelas condições ambientais, uma vez que temperatura, irradiância, umidade e nutrição mineral afetam tanto a taxa de brotação quanto o enraizamento. Os autores destacam ainda que esses efeitos variam entre espécies e até entre clones, demonstrando que materiais de fácil enraizamento respondem de maneira distinta quando comparados a materiais de difícil enraizamento, especialmente sob mudanças sazonais e alterações ambientais controladas.

De acordo com a análise dos resultados, clones de ipê-branco podem ser produzidos por miniestaquia a partir de propágulos basais e apicais. Entretanto, em menores concentrações da solução nutritiva (50%) miniestacas apicais tem uma melhor performance, já as concentrações base (100%) e elevada (200%) favorecem a produção de biomassa seca em miniestacas basais (Tabela 2).

Conforme a relação MSPA/MSR, as mudas de ipê-branco produzidas por propágulos apicais apresentam maior investimento em desenvolvimento radicular (1,70), enquanto as produzidas por propágulos basais um maior investimento em

desenvolvimento apical (2,37) (Tabela 2). Considerando a proporção ideal (2,0), ambos estão próximos, o que indica a produção de mudas de qualidade, com um adequado equilíbrio entre biomassa da parte aérea e sistema radicular.

Tabela 2 - Efeito da interação entre concentração da solução nutritiva base (SNB%) e tipo de miniestaca na produção de biomassa de mudas de ipê-branco aos 160 dias após estaqueamento: 80 dias de enraizamento em estufa e 80 dias de viveiro (20 em casa de sombra + 60 em rustificação).

| Massa Seca Total – MST (g/planta) | | |
|--|-------------------|------------------|
| Concentração da SNB (%) | Miniestaca apical | Miniestaca Basal |
| 50 | 0,61 aA | 0,43 bA |
| 100 | 0,57 aA | 0,76 aA |
| 200 | 0,66 aB | 0,88 aA |
| Massa Seca da Raiz – MSR (g/planta) | | |
| Concentração da SNB (%) | Miniestaca apical | Miniestaca Basal |
| 50 | 0,24 aA | 0,11 aA |
| 100 | 0,20 aA | 0,26 aA |
| 200 | 0,28 aA | 0,28 aA |
| Relação Massa Seca do Broto/Massa Seca da Raiz – MSPA/MSR | | |
| Concentração da SNB (%) | Miniestaca apical | Miniestaca Basal |
| 50 | 1,80 aB | 2,90 aA |
| 100 | 1,94 aB | 2,09 aA |
| 200 | 1,36 aB | 2,12 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.

Os valores médios de biomassa seca observados (0,65 g/planta) nos clones de ipê-branco aos 160 dias do estaqueamento, com 80 dias de viveiro, foram compatíveis aos obtidos em mudas seminais com período de permanência em viveiro semelhantes, indicando uma alternativa eficiente para propagação da espécie. Dessa forma, Silva et al. (2021) avaliaram médias de 0,6 g/planta para massa seca total em 80 dias de viveiro.

Quanto a biomassa radicular, variável que não houve influência de nenhum dos tratamentos adotados, A análise comparativa da média obtida após 160 dias do estaqueamento, aos 80 dias de viveiro (0,23 g/planta), com mudas seminais de idade semelhante, evidencia um baixo desenvolvimento radicular. Vieira et al. (2022) observaram aos 90 dias de viveiro uma média de 0,45 g/planta, porém com um índice MSPA/MSR médio de cinco, sugerindo um altíssimo investimento em parte aérea e possivelmente perdas excessivas por transpiração. Já Macedo et al. (2011) observaram um crescimento acelerado em mudas da espécie, obtendo 0,40 g/planta na massa seca radicular aos 62 dias de viveiro.

Embora todos os macros e micronutrientes sejam essenciais para o pleno desenvolvimento dos clones, o nitrogênio e o fósforo desempenham um papel central no

enraizamento de propágulos. Dessa forma, deficiências leves de nitrogênio estimulam o crescimento de raízes laterais e primárias por mecanismos dependentes de auxina, enquanto deficiências severas ou excesso de amônio inibem o crescimento radicular. O balanço adequado entre fontes e disponibilidade de N é determinante para uma arquitetura radicular eficiente. Já a deficiência em fósforo direciona o crescimento radicular para camadas superficiais e aumenta a densidade e o comprimento de pelos radiculares, mas também pode reduzir o crescimento aéreo por ajustes hormonais, respostas morfofisiológicas que visam otimizar a absorção do nutriente (BANG et al., 2020).

Além do nitrogênio e do fósforo, nutrientes como cálcio, zinco, ferro, manganês, boro e potássio também desempenham papéis essenciais no enraizamento adventício, influenciando processos como divisão e alongamento celular, transporte e metabolismo de auxinas, lignificação e estabilidade da parede celular. O cálcio favorece a formação e o alongamento radicular; o zinco é indispensável para a síntese de precursores de auxina; o ferro e o manganês regulam a atividade de peroxidases, modulando a ação hormonal e a formação de tecidos; o boro é fundamental para a divisão celular e expansão radicular; e o potássio atua na promoção do crescimento e no equilíbrio fisiológico (SCHWAMBACH et al., 2005; FAGERIA e MOREIRA, 2011). A ação coordenada e o suprimento equilibrado desses nutrientes, ajustados às diferentes fases de indução e formação, são determinantes para maximizar a eficiência do enraizamento.

Diante dos resultados obtidos, o desempenho geral dos clones de ipê-branco revela avanços promissores na viabilidade técnica da miniestquia aplicada a espécies nativas. Assim, os achados aqui discutidos fornecem subsídios relevantes para as reflexões finais desta pesquisa, contribuindo para o aprimoramento da silvicultura clonal voltada à produção de mudas de espécies amazônicas.

CONCLUSÃO

O minijardim clonal de ipê-branco apresentou maior produção de miniestacas quando manejado com maior intensidade nutricional (200% SNB), atingindo 3,92 miniestaca/minicepa/mês. O material vegetativo colhido apresentou alto vigor, com aproximadamente 91% de sobrevivência ao final do processo de rustificação.

O crescimento vegetativo dos clones foi influenciado pela adubação na fonte dos propágulos, sendo que a maior produção de massa seca foi observada em miniestacas basais oriundas de minicepas sob regime intenso de adubação (200% SNB).

O estudo demonstrou que a propagação vegetativa pode ser realizada com sucesso mesmo na ausência de estruturas permanentes altamente tecnológicas, o que torna a técnica viável e replicável em viveiros de pequeno porte.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq - Termo de Outorga nº 408601/2023-0) pelo apoio financeiro concedido ao projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças de eucalipto**. 2 ed. Viçosa, MG: 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.
- BANG, T. C.; LAURSEN, H. K. H.; PERSSON, D. P.; SCHJOERRING, J. K. The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their consequences for deficiency symptoms in plants. **New Phytologist**, v. 229, p. 2446-2469, 2021.
- BORELLI, K.; ROCHA, J. H. T.; SILVA, M. R.; SCALOPPI JR, E. J., GONÇALVES, A. N.; TECCHIO, M. A. Rubber tree mini clonal garden: electric conductivity of the nutritional solution in the production of propagules. **Revista Árvore**, v. 48, n.1, 2024.
- BRASIL. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. 1ª Ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. 97. p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa – PLANAVEG 2025-2028**. Brasília, DF: MMA/SBF, 2024. 146 p. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/sbio/dflo/plano-nacional-de-recuperacao-da-vegetacao-nativa-planaveg/planaveg_2025-2028_2dez2024.pdf. Acesso em: 2 jul. 2025.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M.P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, v.9, n.1, p. 27-33, 2008.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1 Ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- FAGERIA, N. K.; MOREIRA, A. The Role of Mineral Nutrition on Root Growth of Crop Plants. **Advances in Agronomy**, v. 110, p. 251-331, 2011.
- 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.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2011. 116 p.
- 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.
- LIENARD, R. B. D.; CAMPOS, A. S.; SAVIAN, L. G.; OLIVEIRA, B. V.; SOUZA, F. C.; TRAZZI, P. A. Low-Cost Production of Brazilian Mahogany Clones Based on Indole-3-Butyric Acid Use, Clonal Mini-Hedge Nutrition and Vegetative Propagule Type. **Forests**, v. 16, n. 8, 1292, 2025.

MACEDO, M. C. de; ROSA, Y. B. C. J.; ROSA JUNIOR, E. J.; SCALON, S. P. Q.; TATARA, M. B. Produção de mudas de ipê-branco em diferentes substratos. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 95–102, 2011.

MORAES NETO, S. P. **Particularidades biológicas de espécies de ipês de ocorrência no Cerrado brasileiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2021. 86 p.

OLIVEIRA, T. P. F.; BARROSO, D. G.; LAMONICA, K. R.; CARNEIRO, J. G. A.; OLIVEIRA, M. A. Productivity of polyclonal minigarden and rooting of *Handroanthus heptaphyllus* Mattos minicuttings. **Semina: Ciências Agrárias**, 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.

ORR – Observatório da Restauração e Reflorestamento. **Dashboard de monitoramento da restauração florestal no Brasil**. 2025. Disponível em: <https://observatoriodarestauracao.org.br/dashboard>. Acesso em: 2 jul. 2025.

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.

SCHWAMBACH J.; FADANELLI, C.; FETT-NETO, A. G. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, v. 25, n. 4, p. 487–494, 2005.

SILVA, A. P. M.; SCHWEIZER, D.; MARQUES, H. R.; TEIXEIRA, A. M. C.; SANTOS, T. V. M. N.; SAMBUICHI, R. H. R.; BADARI, C. G.; GAUDARE, U.; BRANCALION, P. H. S. Can current native tree seedling production and infrastructure meet an increasing forest restoration demand in Brazil? **Restoration Ecology**, v. 25, n. 4, p. 509–517, 2017.

SILVA, K. S.; ARRUDA, A. G. R.; COSTA, D. S.; TABOSA, L. D. G.; OLIVEIRA, Â. K. D. de; OLIVEIRA, F. K. D. de. Substrato alternativo à base de rejeito de cobre e matéria orgânica na produção de mudas de ipê-branco. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 8, n. 1, p. 1–19, 2021.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry: the principles and practice of statistics in biological research**. 3. ed. New York: W. H. Freeman, 1995. 880p.

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. **IPEF**, n.35, p.79-84, 1987.

VIEIRA, C. R.; CARNEIRO, R. S. A.; BOTELHO, R. A.; COSTA, P. P. da. Doses de esterco bovino e equino no crescimento inicial de mudas de ipê-branco. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 10, e03, 2022.

VILASBOA, J.; COSTA, C. T.; FETT-NETO, A. G. Environmental modulation of mini-clonal gardens for cutting production and propagation of hard- and easy-to-root *Eucalyptus* spp. **Plants**, v. 11, p. 3281, 2022.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: UFV, 2013. 279 p.