



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E
CONSERVAÇÃO**

HAIRON ANTONIO FRIEDRICH RODRIGUES

**RESPOSTAS MORFOGÊNICAS NA MICROPROPAGAÇÃO DE *Bagassa*
guianensis Aubl. (MORACEAE): uma espécie amazônica com potencial ecológico**

ALTAMIRA

2026

HAIRON ANTONIO FRIEDRICH RODRIGUES

**RESPOSTAS MORFOGÊNICAS NA MICROPROPAGAÇÃO DE *Bagassa guianensis*
Aubl. (MORACEAE): uma espécie amazônica com potencial ecológico**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Raírys Cravo Herrera

Coorientador: Prof. Dr. Luciano Coutinho Silva

ALTAMIRA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F899r Friedrich Rodrigues, Hairon Antonio.
RESPOSTAS MORFOGÊNICAS NA MICROPROPAGAÇÃO
DE *Bagassa guianensis* Aubl. (MORACEAE): : uma espécie
amazônica com potencial ecológico / Hairon Antonio Friedrich
Rodrigues. — 2026.
37 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Raírys Cravo Herrera
Coorientador(a): Prof. Dr. Luciano Coutinho Silva
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2026.

1. Espécies lenhosas amazônicas. 2. espécies florestais. 3.
propagação vegetativa. 4. conservação de plantas. I. Título.

CDD 581.1

Hairon Antonio Friedrich Rodrigues

RESPOSTAS MORFOGÊNICAS NA MICROPROPAGAÇÃO DE *Bagassa guianensis*

Aubl. (MORACEAE): uma espécie amazônica com potencial ecológico

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Data da aprovação: 30/04/2026

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **FERNANDA CARLOTA NERY**
Data: 04/05/2026 11:06:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Fernanda Carlota Nery
Examinador externo – Universidade Federal de São João Del Rei

Documento assinado digitalmente
 **DIOGO PEDROSA CORREA DA SILVA**
Data: 07/05/2026 15:26:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Diogo Pedrosa Corrêa da Silva
Examinador externo – Universidade Federal de Lavras

Documento assinado digitalmente
 **ALISSON RODRIGO SOUZA REIS**
Data: 07/05/2026 10:28:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis
Examinador interno/externo – Universidade Federal do Pará

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família mãe e irmãos que estão sempre me apoiando, e ao pai (*in memoriam*) por todo o amor que nos dedicou.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, ao corpo administrativo que o compõe. A Universidade Federal do Pará, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado e a Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação (PROPESP).

Agradeço a minha família, mãe por todo apoio, incentivo e motivação que me proporcionou na busca dos meus sonhos. Ao meu irmão Welbert pelo carinho conversas, a minha sobrinha pelo amor e empolgação ao me escutar falando sobre minhas pesquisas desenvolvidas, e aos meus familiares que estiveram e estão na torcida. A minha amiga na verdade a minha irmã Carol que juntos enfrentamos os desafios da vida adulta e partilhamos também a felicidade que vem dela

Aos meus amigos Maysa, Alberto, Welington, Fernanda, Julia e Eduarda pela parceria formada na graduação e que se segue para vida. Aos meus amigos que fiquei mais próximo durante o mestrado Rayane e Oliver pelas nossas conversas da tarde e de corredores do laboratório. A Tainá, Brenda e Gabriel pela troca de figurinhas que fizemos sobre artigos e metodologias.

Em especial a minha amiga Israeli que juntos planejamos, pesquisamos, escrevemos, debatemos, choramos e principalmente sorrimos. Nossa amizade se constrói através da pesquisa e fica para a vida inteira, sou muito grato por termos “crescidos” juntos enquanto cientistas e pessoas, obrigado.

Ao grupo de pesquisa que compõe o BIOTE-ATM, que para além de parceiros de pesquisas somos amigos, em especial aos “meus” IC’s Thamires, Cibele, Hellen e Marlison que me deram muitas risadas e “dor de cabeça” cada um faz parte de mim de uma forma especial.

Em especial a minha orientadora Raírys por tudo, mas principalmente pela confiança e fé que tem em mim, posso não transparecer, mas sou extremamente grato, por muitas vezes eu não tive essa confiança e você estava lá me incentivando e me guiando a seguir em frente, então sou grato que para além da orientação científica também me orienta enquanto pessoa.

“Existem coisas que não podem ser
paradas.

A vontade herdada.

Os sonhos das pessoas.

E a ascensão e a queda das eras.

Enquanto as pessoas continuarem buscando
o significado da liberdade essas coisas
nunca deixarão de existir.”

- Eiichiro Oda (One Piece, 1999).

RESUMO

Bagassa guianensis é uma árvore endêmica da floresta amazônica que produz sementes com baixa taxa de germinação, rápida perda de vigor e recalcitrância. A espécie tem importância ecológica e econômica e sofre uma rápida redução de suas populações naturais devido às pressões antrópicas. O objetivo deste trabalho foi estabelecer um protocolo de micropropagação de *B. guianensis*. Após a assepsia, as sementes foram inoculadas em meio MS/2 com 0,5 mg L⁻¹ de GA₃ ou AgNO₃, e sem regulador. O material foi mantido em sala de crescimento sob LED azul e vermelho, LED branco ou no escuro. Segmentos nodais foram inoculados em meio MS com diferentes concentrações de BAP (0; 0,5; 1; 2 e 4 mg L⁻¹); e os segmentos apicais foram inoculados em MS com diferentes concentrações de AIB (0; 0,5; 1; 2 e 4 mg L⁻¹). Plantas originárias da micropropagação passaram por cultivo fotoautotrófico em diferentes substratos: terra preta orgânica comercial ou areia com 10 g L⁻¹ de Basacote®. As sementes apresentaram fotoblastismo positivo e cultivo em meio MS com GA₃ com uso de LED branco produziu plantas mais longas; já o uso de LED azul e vermelho produziu plantas com mais números de nós e folhas. O maior número de brotações foi obtido com o uso de 4 mg L⁻¹ de BAP; já o maior número de raízes foi obtido com 0,5 mg L⁻¹ de AIB. Porém, a adição de reguladores de crescimento proporcionou uma alta taxa de calogênese. O cultivo fotoautotrófico com terra preta orgânica comercial proporcionou 73,3% de sobrevivência das plantas em casa de vegetação. Se recomenda utilizar LED azul e vermelho para a germinação, 4 mg L⁻¹ de BAP para produção de brotos, 0,5 mg L⁻¹ de AIB para a indução de raízes e substrato terra preta orgânica para aclimatização fotoautotrófica de *Bagassa guianensis*.

Palavras-chave: Espécies lenhosas amazônicas; espécies florestais; propagação vegetativa; conservação de plantas

ABSTRACT

Bagassa guianensis is a tree endemic to the Amazon rainforest that produces seeds with a low germination rate, rapid vigor loss, and recalcitrance. The species has ecological and economic importance and is suffering a rapid reduction in its natural populations due to anthropogenic pressures. The objective of this work was to establish a micropropagation protocol for *B. guianensis*. After asepsis, the seeds were inoculated in MS/2 medium with 0.5 mg L⁻¹ of GA₃ or AgNO₃, and without regulator. The material was kept in a growth chamber under blue and red LED, white LED, or in the dark. Nodal segments were inoculated in MS medium with different concentrations of BAP (0; 0.5; 1; 2 and 4 mg L⁻¹); and apical segments were inoculated in MS with different concentrations of IBA (0; 0.5; 1; 2 and 4 mg L⁻¹). Plants originating from micropropagation underwent photoautotrophic cultivation in different substrates: commercial organic black soil or sand with 10 g L⁻¹ of Basacote®. The seeds showed positive photoblastism, and cultivation in MS medium with GA₃ using white LED produced longer plants; while the use of blue and red LED produced plants with more nodes and leaves. The highest number of shoots was obtained with the use of 4 mg L⁻¹ of BAP; while the highest number of roots was obtained with 0.5 mg L⁻¹ of IBA. However, the addition of growth regulators provided a high rate of callus formation. Photoautotrophic cultivation with commercial organic black soil provided 73.3% plant survival in a greenhouse. It is recommended to use blue and red LED for germination, 4 mg L⁻¹ of BAP for shoot production, 0.5 mg L⁻¹ of IBA for root induction, and organic black soil substrate for photoautotrophic acclimatization of *Bagassa guianensis*.

Keywords: Amazonian woody species; forest species; vegetative propagation; plant conservation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	09
2 REFERÊNCIAS	11
CAPÍTULO I - RESPOSTAS MORFOGÊNICAS NA MICROPROPAGAÇÃO DE <i>BAGASSA GUIANENSIS</i> AUBL. (MORACEAE): uma espécie amazônica com potencial ecológico.	15
Introdução	18
Material e Métodos	19
Resultados	22
Discussão	28
Conclusão	32
Agradecimentos	32
Referências	32

1 INTRODUÇÃO GERAL

A floresta amazônica é um dos maiores patrimônios da humanidade e se destaca por sua riqueza biológica, apesar de já ter perdido cerca de um quinto de sua extensão no território brasileiro (Arruda, Silva, Nora, 2023; INPE, 2021). O Brasil é um país que possui cerca de 15% a 20% de toda a biodiversidade mundial, e toda essa diversidade compõe um rico patrimônio genético que demanda esforços para ser conhecido e ter as suas espécies preservadas (Corandin; Camillo; Vieira, 2022; Gandour, 2021).

Dentre as espécies da floresta Amazônica, encontra-se a *Bagassa guianensis* Aubl. (família botânica Moraceae). É uma árvore de grande porte de 30 a 50 metros de altura com até dois metros de diâmetro na altura do peito (DAP). É uma espécie dioica, que apresenta infrutescência que serve como alimentação da fauna silvestre, é pioneira de terra firme, apresenta também posição de dossel em florestas secundárias e pode ocorrer em áreas perturbadas, apresentando um melhor comportamento silvicultural em pleno sol (Lorenzi, 2002; Carvalho 2010; Braga, 2021; Smiderle e Souza, 2022).

Bossu *et al.* (2016) apontam que a madeira de *B. guianensis* apresenta baixa contração durante a secagem e essa característica indica que a espécie é adequada para uso industrial. Seu cerne apresenta elevada durabilidade, e é resistente ao ataque de fungos causadores de apodrecimento (Carvalho, 2010; Braga *et al.*, 2021). Royer *et al.* (2012) demonstraram que o extrato etanólico da madeira é eficaz ao combate de fungos patogênicos humanos, apontando o potencial medicinal da espécie. Pinheiro *et al.* (2022) analisaram a composição de extratos etanólicos de resíduos da madeira e identificaram compostos bioativos como as Moracinas M e N, que podem gerar bioprodutos contra estresse oxidativo, ou para a fabricação de cosméticos, fármacos, aditivos estabilizantes.

A espécie *B. guianensis* é também recomendada para implementação em sistemas agroflorestais por apresentar bom crescimento em clareiras de florestas antropizadas e apresenta vantagens de sobrevivência em programas de recuperação e de regeneração de áreas degradadas (Braga *et al.*, 2021; Bossu *et al.*, 2016; Carvalho, 2010; Sabogal *et al.*, 2006; Lorenzi, 2002). Entretanto, as taxas de germinação para a espécie são baixas e a viabilidade de suas sementes diminui rapidamente, dificultando a propagação por via seminal (Carvalho, 2010; Braga *et al.*, 2021). A *B. guianensis* produz sementes recalcitrantes, o que impede sua conservação por vias convencionais como o a secagem e armazenamento em baixas temperaturas (Smiderle e Souza, 2022).

Segundo Engelmann (2011), o método mais comum de conservação *ex situ* para espécies recalcitrantes e intermediárias é a conservação a campo, porém essa possui desvantagens e limitações dificultando sua aplicação em larga escala. Assim, considerando a ausência de relatos de propagação vegetativa tradicional como estaquia, alporquia ou mergulhia para *B. guianensis*, a busca por alternativas de multiplicação em larga escala, independentemente do uso de sementes, torna-se relevante.

A cultura de tecidos vegetais consiste em um conjunto de técnicas de propagação vegetativa em larga escala, independentemente das condições ambientais e época do ano. Na técnica de micropropagação, o uso de reguladores de crescimento nos meios de cultura estimula respostas fisiológicas para a germinação *in vitro* e indução de órgãos importantes, tanto por via direta como indireta através dos calos, a partir de diversos explantes (Rodrigues *et al.*, 2022; Phillips e Guarda, 2019; Nogueira *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2006).

Isso posto, a conservação vegetal através da cultura de tecidos surge como uma alternativa viável para espécies de plantas que enfrentam dificuldades em sua regeneração natural e com limitações de preservação via sementes (Cruz-Cruz *et al.*, 2013). Além disso, esse conjunto de técnicas possibilita a manutenção de germoplasma vegetal em condições controladas e livres de patógenos (Abdalla *et al.*, 2022; Tarraf e De Carlo, 2024). Adicionalmente, a micropropagação permite produzir muitas plantas em um curto espaço de tempo e em espaços limitados (Teraiya, Nirmal e Joshi, 2023; Freitas *et al.*, 2009).

A germinação *in vitro* permite a obtenção de plântulas em condições assépticas que serão a fonte de explantes para as etapas seguintes da micropropagação. Na etapa de multiplicação *in vitro*, a indução de multibrotações pode ser estimulada pelo uso de citocinina como o 6-benzilaminopurina (BAP), seguido da rizogênese, comumente estimulada por auxina como ácido indol butírico (AIB) (De-Klerk, 2002; George; Hall; De-Klerk, 2008).

A técnica de micropropagação com uso de BAP AIB já vem sendo empregada com sucesso em plantas lenhosas como: *Handroanthus impetiginosus* (Larraburu, Apóstolo e Llorente, 2012); *Cariniana estrellensis* (Albino *et al.*, 2019); *Cedrella fissilis* (Bonfá; Nascimento; Werner, 2021) e em espécies de ocorrência na floresta amazônica como *Amburana acreana* (Fermenio Junior e Scherwinski-Pereira, 2012) e *Apuleia leiocarpa* (Lencina *et al.*, 2020).

Após estas etapas de micropropagação, a transição do ambiente *in vitro* para o *ex vitro* precisa ser feita por meio da aclimatização. Nesta etapa, a utilização do que vem sendo chamado de aclimatização fotoautotrófica, pode beneficiar a obtenção de plantas mais aptas a serem levadas ao campo (George, Hall e De-Klerk, 2008).

No caso de *B. guianensis*, que apresenta rápida perda de viabilidade das sementes e dificuldades de propagação convencional, a produção de plantas em larga escala *in vitro* contribuirá para implementar estratégias de recuperação de áreas degradadas e resguarde genético através de bancos de germoplasma. O objetivo do trabalho foi estabelecer um protocolo de micropropagação de *B. guianensis*, visando a produção de mudas em larga escala e a conservação do germoplasma

2 REFERÊNCIAS

ABDALLA, D. F.; SILVEIRA, A. A. C.; SIBOV, S. T.; MORAES, M. G.;
Micropropagation and in vitro fructan production by *Chresta exsucca* DC. (Asteraceae).
In Vitro Cell Dev Biol – Plant, v. 61, p. 1125–1138, 2025. Doi:
<https://doi.org/10.1007/s11627-025-10554-0>

ALBINO, B. É. S.; CANATTO, R.A; CORDEIRO, A. T.; FUKUSHIMA, C. H.;
PILON, A. M. *In Vitro* Propagation Of "Jequitibá-Branco" (*Cariniana Estrellensis*): An
Alternative For Reforestation Programs. **Brazilian Journal of Biosystems
Engineering**, v. 13, n. 2, p. 88-99, 2019. Doi:
<https://doi.org/10.18011/bioeng2019v13n2p88-99>

ARRUDA, F. A. A.; SILVA, J. C. M.; NORA, G. D. A territorialidade e a resistência na
floresta amazônica. **Geopalta**, v. 7, e.11708, 2023. Doi:
<https://doi.org/10.22481/rg.v.7e2023.e11708>

BONFÁ, Y. S.; NASCIMENTO, V. de L.; WERNER, E. T. *In vitro* multiplication of
Cedrela fissilis Vell.: A threatened brazilian hardwood forest tree. **Plant Cell Culture
& Micropropagation**, v. 17, p. 1-11, 2021. Doi:
<https://doi.org/10.46526/pccm.2021.v17.165>

BOSSU, J.; BEAUCHÊNE, J.; ESTEVEZ, Y.; DUPLAIS, C.; CLAIR, B. New insights
on wood dimensional stability influenced by secondary metabolites: The case of a fast-
growing tropical species *Bagassa guianensis* Aubl. **PLoS One**, v. 11, p.1–17, 2016.
Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150777>

BRAGA, D. P. P.; RUSCHEL, A. R.; KANASHIRO, M.; VIDAL, E.; CRUZ, E. D.;
MILÉO, R. C.; PORRO, R. **Árvores do manejo florestal no Projeto de
Desenvolvimento Sustentável Virola-Jatobá, Anapu, PA**. ed. 1. Brasília, DF:

Embrapa, 2021. 196 p. ISBN 9786587380391. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1134517>

CARVALHO, P. E. R. Tatajuba: *Bagassa guianensis*. In CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2010. v. 4, p. 504-512. Disponível em:
<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1140076/tatajuba-bagassa-guianensis>

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região norte**. (eds) MMA, Brasília 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/livro-especies-nativas-da-flora-brasileira-de-valor-economico-atual-ou-potencial-2013-plantas-para-o-futuro-2013-regiao-norte.pdf/view>

CRUZ-CRUZ, C. A.; GONZÁLEZ-ARNAO, M.; ENGELMANN, F. Biotechnology and Conservation of Plant Biodiversity. **Resources**, v. 2, n. 2, p. 73-95, 2013. Doi: <https://doi.org/10.3390/resources2020073>

DE-KLERK, G. J. Rooting of microcuttings: theory and practice. **In Vitro Cellular & Development Biology – Plant**, v. 38, p. 415–422, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1079/IVP2002335>

ENGELMANN, F. Use of biotechnology for the conservation of plant biodiversity. **In vitro Cellular & Development Biology - Plant**, v. 47, p. 5-16, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11627-010-9327-2>

FERMENO JUNIOR, P. C. P.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Germinação e propagação *in vitro* de cerejeira (*Amburana acreana* (Ducke) A.C. Smith - FABACEAE). **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 1-9, 2012. Doi: <https://doi.org/10.5902/198050985074>

FREITAS, R. M. O. de.; De OLIVEIRA, M. K. T.; DOMBROSKI, J. L. D.; CÂMARA, F. A. A.; NETO, R. V. de S. Efeito dos tratamentos de oxidação em *Aloysia virgata*. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 176-179, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/1010>

GEORGE, F. E.; HALL, A. M.; DE-KLERK, G. J. **Plant Propagation by Tissue Culture**. 3. ed. Dordrecht: Springer, 2008. v. 1.

GONDOUR, C. **Políticas públicas para proteção da floresta Amazônica: O que funciona e como melhorar**. Amazônia 2030, Belém, 2021. Doi: <https://doi.org/10.59346/report.amazonia2030.202107.ed8.cpi>

INPE (International Tropical Timber Organization) (2023) Bagasse (*Bagassa guianensis*). ITTO: Less Used Species. <http://www.tropicaltimber.info/specie/bagasse-bagassa-guianensis/>

LARRABURU, E. E.; APÓSTOLO, N. M.; LLORENTE, B. E. *In Vitro* Propagation of Pink Lapacho: Response Surface Methodology and Factorial Analysis for Optimisation of Medium Components. **International Journal of Forest Research**, v. 2012, n. 1, p. 1-9, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1155/2012/318258>

LENCINA, K. H.; AVINIO, R. S.; FAUERCHARMEL, M.; PIMENTEL, N.; BISOGNIN, D. A. Introdução de segmentos nodais e enraizamento in vitro de *Apuleia leiocarpa*. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p 1290-1298, 2020. Doi: <https://doi.org/10.5902/1980509843376>

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. ed. 2. Nova Odessa, SP:Instituto Plantarum, 2002. ISBN 8586714143.

NOGUEIRA, R. C.; PAIVA, R.; DE OLIVEIRA, L. M.; SOARES, G. DE A.; SOARES, F. P.; CASTRO, A. H. F.; PAIVA, P. D. DE. O. Indução de calos em explantes foliares de murici-pequeno (*Byrsonima intermedia* A. Juss.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 366-370, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200015>

PHILLIPS, G. C.; GUARDA, M. Plant tissue culture media and practices: an overview. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 55, p. 242-257, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11627-019-09983-5>

PINHEIRO, W. B. S.; PINHEIRO NETO, J. R.; BOTELHO, A. S.; SANTOS, K. I. P. dos; SILVA, G. A. da; MURIBECA, A. J. B.; PAMPLONA, S. G. S. R.; FOSSENCA, S. S. S.; SILVA, M. N.; ARRUDA, M. S. P. The use of *Bagassa guianensis* aubl. forestry waste as an alternative for obtaining bioproducts and bioactive compounds. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 22, p. 103813, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103813>

RODRIGUES, M. A.; DA SILVEIRA, F. A.; MOREIRA, R. A.; PÁDUA, M. S.; PINTO, J. E. B. P.; PIO, L. A. S.; DOS SANTOS, D. N.; BUENO FILHO, J. S. DE S.; REIS, L. A. C. Regeneração de pitaya por organogênese indireta avaliada por microscopia eletrônica de varredura e citometria de fluxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, n. 5, p. 01-23, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.02312>

ROYER, M.; RODRIGUES, A. M. S.; HERBETTE, G.; BEAUCHÊNE, J.; CHEVALIER, M.; HÉRAULT, B.; THIBAUT, B.; STIEN, D. E. Efficacy of *Bagassa guianensis* Aubl. extract against wood decay and human pathogenic fungi.

International Biodeterioration & Biodegradation, v. 70, p. 55–59, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.10.016>

SABOGAL, C.; ALMEIDA, E. de; MARMILLOD, D.; CARVALHO, J. P. O. **Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria do sistema**. Belém: CIFOR, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/379475>

SILVA, L. C. DA. SCHUCH, M. W.; DE SOUZA, J. A.; ERIG, A. C.; ANTUNES, L. E. C. Meio nutritivo, reguladores de crescimento e frio no estabelecimento *in vitro* de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade) cv. Delite. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 405-408, 2006.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. das G. **Cartilha de sementes de espécies florestais em Roraima**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2022. 62 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1149583>

TARRAF, W.; DE CARLO, A. *In Vitro* Biotechnology for Conservation and Sustainable Use of Plant Genetic Resources. **Plants**, v. 13, n. 14, p. 1-5, 2024. Doi: <https://doi.org/10.3390/plants13141897>

TERAIYA, S.; NIRMAL, D.; JOSHI, P. Potential scope and prospects of plant growth-promoting microbes (PGPMs) in micropropagation technology. In SWAPNIL, P.; MEENA, M.; HARISH; MARWAL, A.; VIJAYALAKSHMI, S.; ZEHRA, A. **Plant-Microbe Interaction—Recent Advances in Molecular and Biochemical Approaches: Agricultural Aspects of Microbiome Leading to Plant Defence**, v.1, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91876-3.00017-8>

Este capítulo está formatado nas normas da revista *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, disponível em: <https://link.springer.com/journal/11627>.

**CAPÍTULO I - RESPOSTAS MORFOGÊNICAS NA MICROPROPAGAÇÃO DE
BAGASSA GUIANENSIS AUBL. (MORACEAE): uma espécie amazônica com potencial
ecológico**

Introdução

O Bioma Amazônia é o berço de uma vasta biodiversidade e riquezas a serem descobertas e estudadas. Entretanto, as ações antrópicas como, desmatamento, garimpos ilegais, incêndios, conversão de florestas em pastos ou plantações de monoculturas agrícolas, colocam em risco todo o potencial natural que a floresta oferece, principalmente das espécies vegetais que podem gerar diversos bioprodutos e contribuir para a economia (Brasil 2022; Gandour 2021; Jesus 2024).

A espécie *Bagassa guianensis* Aubl., conhecida por tatajuba, é uma árvore endêmica da Amazônia, pertencente à família botânica Moraceae. Sua madeira apresenta uma alta durabilidade com o cerne capaz de resistir a ataques de fungos causadores do apodrecimento (Machado and Teixeira 2024; Braga et al. 2021; Carvalho 2010). Essas características fazem com que a espécie seja bastante utilizada na indústria, principalmente na construção naval e civil, confecção de assoalhos, móveis e instrumentos musicais (Bossu et al. 2016; International Tropical Timber Organization 2024; Instituto de Pesquisas Tecnológicas 2024; Laboratório de Pesquisas Florestais 2024).

Além do valor comercial, é uma espécie de árvore recomendada para implementação em sistemas agroflorestais pois apresenta bom crescimento em clareiras e florestas antropizadas. Mais ainda, apresenta vantagens em sua aplicabilidade devido a sobrevivência para uso em programas de recuperação de regeneração de áreas degradadas (Braga et al. 2021; Bossu et al. 2016; Carvalho 2010; Sabogal et al. 2006; Lorenzi 2002), o que torna a espécie eficiente para o enriquecimento da flora dessas áreas.

Os frutos da espécie quando maduros possuem polpa adocicada e servem de alimentação para a fauna silvestre com suas sementes apresentando altos níveis de proteínas (Braga et al. 2021; Becker et al. 2024). Além disso possui características potenciais para a produção de fármacos, já que é eficaz em combater fungos patogênicos humanos (Royer et al. 2012). E possuem bioativos como as Moracinas M e N, que são eficazes no combate de estresse oxidativo, e que podem ser empregadas na produção de medicamentos, comércio e aditivos estabilizantes já foram identificadas na espécie (Pinheiro et al. 2022).

As sementes são recalcitrantes, com baixa taxa de germinação e rápida perda de viabilidade. Assim, a propagação por vias seminais é muito restrita e inviabiliza a conservação por armazenamento em banco de sementes (Carvalho 2010; Braga et al. 2021; Smiderle and Souza 2022). Considerando que não há metodologias de propagação vegetativa

para *B. guianensis*, o uso da micropropagação é uma alternativa viável e relevante. Para isso, é fundamental a multiplicação *in vitro* de plântulas, iniciando com a indução de multibrotações que posteriormente são enraizadas. Apesar de sua alta eficiência para herbáceas, os protocolos de micropropagação ainda são muito limitados para plantas lenhosas, principalmente devido à sua recalcitrância à cultura de tecidos (Bao et al. 2024).

A propagação *in vitro* de espécies lenhosas amazônicas é ainda mais incipiente, devido a diversidade da flora, comportamento recalcitrante das espécies, falta de padronização de protocolos e além dos desafios logísticos de acesso que encarecem e dificultam a coleta de material biológico (Silva et al. 2025).

As brotações podem ser induzidas pelo uso de uma citocinina como 6-benzilaminopurina (BAP), e a rizogênese é comumente estimulada por uma auxina como o ácido indol butírico (AIB) (De-Klerk 2002; George et al. 2008). A última etapa é a aclimatização, que pode ser feita por fotoautotrofismo das plantas induzidas *in vitro* tornando-as mais aptas a serem levadas ao campo (George et al. 2008).

Desta forma, dada a importância de pesquisas de propagação vegetativa de espécies arbóreas amazônicas e o potencial econômico e ecológico que apresenta, o objetivo do trabalho é estabelecer um protocolo de micropropagação de *B. guianensis*, visando a produção de mudas em larga escala e a conservação do germoplasma.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e assepsia

Frutos de *B. guianensis* foram coletados no município de Medicilândia no estado do Pará no Brasil (03° 24' 43.48854" S, 52° 46' 00.23653" W) com autorização SISBIO número: 68708-1, com amostragem da população disposta sob os números HATM-2324 no Herbário Padre José Maria Albuquerque (HATM) da Faculdade de Ciências Biológicas - Campus Altamira. Os frutos maduros foram coletados diretamente do chão, abaixo da árvore, em estágio de maturação III caracterizado pela cor marrom (Becker et al. 2024).

Antes da desinfestação, os frutos foram friccionados em peneira e sob água corrente para a completa remoção da polpa. Em seguida, as sementes foram imersas em água corrente com algumas gotas de detergente líquido comercial por 30 minutos. Em seguida, a assepsia foi realizada em câmara de fluxo laminar, onde as sementes foram imersas em 150 ml de álcool etílico 70% por um minuto, seguido por imersão em 150 ml hipoclorito de sódio comercial com 2% ~ 2,5% de cloro ativo por 30 minutos. A remoção do resíduo de

hipoclorito de sódio foi feita por tríplex lavagem com 150 ml de água destilada por lavagem autoclavada, totalizando 450 ml de água.

Germinação *in vitro*

As sementes desinfestadas foram inoculadas em meio MS (Murashige e Skoog, 1962) em diferentes tratamentos: MS meia-força (MS/2 – tratamento controle); MS/2 com 0,5 mg L⁻¹ de ácido giberélico (GA₃); e MS/2 com 0,5 mg L⁻¹ de nitrato de prata (AgNO₃), solidificados com 7 g L⁻¹ de ágar, pH ajustado para 5,7 ± 2. Foi utilizado 30 ml de meio de cultura em frascos de vidro com volume de capacidade de 250 ml.

O material foi incubado em diferentes condições de iluminação: *Light Emitting Diode* (LED) branco (LED-B) (20 µmol m⁻² s⁻¹); LED azul e vermelho (LED-AV) combinados (33 µmol m⁻² s⁻¹); além do tratamento na ausência de luz. Cada tratamento foi composto por dez frascos e cada frasco continha cinco sementes, totalizando 50 sementes por tratamento, as sementes que foram para luz ficaram em um fotoperíodo de 16 horas e temperatura de 25 °C ± 2. Após 90 dias foram avaliadas: as porcentagens de contaminação e de germinação; a altura das plantas (cm); além do número de folhas, de nós e de raízes.

Indução de brotações

A partir de plântulas cultivadas germinadas *in vitro*, foram excisados segmentos nodais com cerca de 3 cm e contendo duas gemas axilares. Os explantes foram inoculados em meio MS com 30 g L⁻¹ de sacarose e 7 g L⁻¹ de ágar e diferentes concentrações de BAP (0; 0,5; 1; 2 e 4 mg L⁻¹) para a indução de multibrotações com pH ajustado em 5,7 ± 2. Foi utilizado 30 ml de meio de cultura em frascos de vidro com volume de capacidade de 250 ml.

Após a inoculação, os segmentos foram mantidos em sala de crescimento com temperatura de 26 °C e na ausência de luz. Após 20 dias foram transferidos para luz de LED-AV com 33 µmol m⁻² s⁻¹ de irradiância e fotoperíodo de 16 horas. Cada tratamento foi composto por 68 repetições, sendo cada repetição um explante.

Após 90 dias, foi avaliado o número de brotos e presença ou ausência de calos. Notas foram atribuídas para a cobertura de calos por explante onde: nota 0 - ausência de calos; nota 1 - cobertura até 25% do explante; nota 2 - cobertura até 50%; nota 3 - cobertura até 75%; e nota 4 - cobertura até 100%.

Indução de raízes

Segmentos apicais foram inoculados em meio MS com 30 g L⁻¹ de sacarose e solidificado com 7 g L⁻¹ de ágar com diferentes concentrações de ácido indol butírico (AIB) (0; 0,5; 1; 2 e 4 mg L⁻¹), para enraizamento com pH ajustado em 5,7 ± 2. Foi utilizado 10 ml de meio de cultura em tubos de ensaio de policarbonato com capacidade de 35 ml. Após a inoculação os segmentos foram mantidos em sala de crescimento com temperatura de 26 °C e na ausência de luz por 10 dias e então transferidos para luz de LED-AV com 33 µmol m⁻² s⁻¹ de irradiância e fotoperíodo de 16 horas. Cada tratamento foi composto por 20 repetições com um segmento por repetição. Após 60 dias de cultivo foi contabilizada a indução e número de raízes por explante, presença e cobertura de calos.

Alongamento *in vitro*

Segmentos nodais com tamanho entre 0,5 e 2 cm, previamente induzidos em BAP, foram transferidos para alongamento em meio de cultura MS/2 com 30 g L⁻¹ de sacarose e 0,8 g L⁻¹ de PVP (polivinilpirrolidona) solidificados com 7 g L⁻¹ de ágar e diferentes concentrações de GA₃: 0, 0,5, 1 e 2 mg L⁻¹, pH ajustado em 5,7 ± 2, em tubos de ensaio com 15 ml de meio de cultura. Os explantes foram mantidos em sala de crescimento com fotoperíodo de 16 horas e temperatura de 25 °C. Após 60 dias avaliou a porcentagem de oxidação e tamanho dos explantes em centímetros.

Aclimatização

As plantas com ≥ 5 cm de altura e com raízes maiores que 10 cm foram utilizadas para o processo de aclimatização fotoautotrófica. Essas plantas foram removidas do meio de cultura, as raízes foram lavadas para remoção do meio de cultura residual. Em seguida foram transferidas para potes de plástico, com capacidade de 700 ml, com dois substratos distintos e previamente autoclavados: um tratamento com 130 gramas de terra preta orgânica e outro com 250 gramas areia e fertilizante Basacote® (10 g L⁻¹), por possuir concentrações de macro e micronutrientes, umedecidos com 60 ml de água antes da transferência das plantas.

As plantas foram acondicionadas em sala de crescimento com iluminação de LED-AV com 60 µmol m⁻² s⁻¹ de irradiância, onde permaneceram por 30 dias, onde os substratos eram umedecidos com auxílio de um borrifador de água quando necessário. Com sete dias os potes tiveram suas tampas removidas, e foram tampados com plástico filme PVC e cinco furos para aumentar o fluxo de gases nos potes, novamente após sete dias os plásticos PVC

foram removidos expondo a planta completa ao ambiente e permaneceram até a transferência para casa de vegetação.

Cada tratamento foi composto por 15 repetições, onde cada repetição era uma planta em um pote, após esse período todas as plantas foram transferidas para uma casa de vegetação com sombrite de 50%, onde foram irrigadas diariamente, e a porcentagem de sobrevivência foi contabilizada.

Procedimentos estatísticos

Todos os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizados (DIC). Os dados foram analisados via Modelos Lineares Generalizados (GLM) com distribuição binomial para a presença de calos, seguidos de teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para as demais variáveis, após o teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Levene), aplicou-se a análise de variância (ANOVA) seguida de teste de Tukey ou, em caso de não normalidade, o teste de Kruskal-Wallis com post-hoc de Dunn ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas no software RStudio (v.2024.09.1+394).

Resultados

Assepsia e germinação

Foi possível obter diferença estatísticas para a porcentagem germinação entre os tratamentos testados com evidente importância da uma fonte de iluminação na germinação *in vitro* de *B. guianensis* (tabela 01).

Tabela 01. Porcentagem de germinação de *B. guianensis* em diferentes meios de cultura e fonte de luz pela análise de variância ($p < 0,05$) e teste Tukey ($p < 0,05$). Letras distintas demonstram diferença estatística.

Meio de cultura	Iluminação	Germinação (%)
MS/2	LED-AV	46 a
MS/2 + 0,5 mg L ⁻¹ de GA ₃	LED-AV	62 a
MS/2 + 0,5 mg L ⁻¹ de AgNO ₃	LED-AV	64 a
MS/2	LED-B	52 a
MS/2 + 0,5 mg L ⁻¹ de GA ₃	LED-B	54 a
MS/2 + 5 mg L ⁻¹ de AgNO ₃	LED-B	48 a

MS/2	Escuro	22 b
MS/2 + 5 mg L ⁻¹ de GA ₃	Escuro	24 b
MS/2 + 0,5 mg L ⁻¹ de AgNO ₃	Escuro	18 b

Esses resultados mostram que a cultura que a presença de luz é essencial para a germinação de *B. guianensis*. Além disso, no ambiente de cultivo *in vitro*, a germinação ocorre de forma eficiente, independentemente da condição do meio de cultivo ou do tipo de fonte luminosa utilizada, sendo necessário apenas ter um estímulo luminoso. O resultado evidencia que germinação *in vitro* com fonte de luz possibilita a superação de dificuldades encontradas nas condições naturais *ex vitro*. Houve uma diferença visual nas plantas germinadas nessas diferentes condições (figura 1).



Figura 1. Aspecto de plantas de *B. guianensis* após germinação *in vitro* em diferentes meios de cultura e tipo de luz.

Os parâmetros de crescimento inicial avaliados logo após a germinação mostraram diferenças no tamanho das plantas, número de folhas e de nós. O uso de GA₃ combinado com LED-B ou LED-AV proporcionou plantas maiores em altura. Já o uso de LED-AV permitiu a formação do maior número de folhas, e quando combinado com GA₃, o maior número de nós. Nenhum tratamento influenciou significativamente o número de raízes (tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de crescimento de *B. guianensis* em diferentes meios de cultura e iluminação, diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e teste de Dunn ($p < 0,05$), letras distintas indicam diferenças estatísticas.

Meio de cultura	Iluminação	Altura (cm)	Nº de folhas	Nº de nós
MS/2	LED-AV	2,29 e	3,26 a	2,17 bc
MS/2 + 0,5 mg L ⁻¹ de GA ₃	LED-AV	3,62 ab	3,15 a	2,43 a
MS/2 + 0,5 mg L ⁻¹ de AgNO ₃	LED-AV	2,48 de	3,12 a	2,35 ab
MS/2	LED-B	2,91 cd	2,59 b	2,00 c
MS/2 + 0,5 mg L ⁻¹ de GA ₃	LED-B	4,19 a	2,24 b	2,04 c
MS/2 + 5 mg L ⁻¹ de AgNO ₃	LED-B	3,35 bc	2,30 b	1,96 c

Indução de brotações e alongamento

Após 90 dias de cultivo foi observado que o uso de BAP influenciou significativamente o número e o tamanho das brotações, e as porcentagens de oxidação e de indução de calos. O maior número e comprimento de brotações foram obtidos com 4 ou 1 mg L⁻¹, respectivamente. Já as menores porcentagens de oxidação e de indução de calos foram obtidas com 0,5 mg L⁻¹ ou na ausência de BAP, respectivamente (Tabela 3). Foi observado que as brotações começaram a surgir nos explantes a partir do décimo dia de cultivo e só foi observado enraizamento no tratamento controle em uma taxa de 16%.

Tabela 3. Efeito de diferentes concentrações de BAP em segmentos nodais de *B. guianensis*. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si. Para as variáveis número de brotações e comprimento das brotações, os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis seguido pelo teste de Dunn ($p < 0,05$). Para as demais variáveis, os dados foram analisados via GLM (família binomial) seguido pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

BAP (mg l ⁻¹)	Número de brotações	Comprimento das brotações (cm)	Indução de raízes (%)	Oxidação (%)	Indução de calos (%)
0,0	1,37 b	0,57 b	16,1 a	50 b	52,9 b
0,5	1,78 ab	0,68 b	0 a	26,5 a	89,7 a
1,0	1,74 ab	0,86 a	0 a	32,4 ab	97,1 a
2,0	1,81 ab	0,63 ab	0 a	32,4 ab	91,2 a
4,0	2,41 a	0,67 b	0,1 a	45,6 ab	94,1 a

Para a indução de calos todos os tratamentos foram responsivos com a presença desta variável, onde os calos são formados na base dos segmentos nodais e crescem até cobrir todo o explante (figura 2), havendo uma diferença na formação e tamanho dos calos nos tratamentos com adição de BAP comparados ao tratamento controle.

Figura 2. Aspecto de segmentos nodais de *B. guianensis* em diferentes concentrações de 6-benzilaminopurina; 0 mg L⁻¹ (A); 0,5 mg L⁻¹(B); 1 mg L⁻¹ (C); 2 mg L⁻¹(D) e 4 mg L⁻¹ (E).

A nota de cobertura de calos nos explantes foi altamente significativa. Sendo que na presença BAP foram observadas as maiores porcentagens de massas de calos categorizadas em nota 4 (75 a 100% de cobertura da superfície). Além disso, o somatório das maiores notas permitiu diferenciar esse grupo dos demais tratamentos (figura 3). Os calos começam a se formar nos explantes a partir de dez dias de incubação (nota 1), a segunda categoria (nota 2) só foi observada após 20 dias de cultivo.

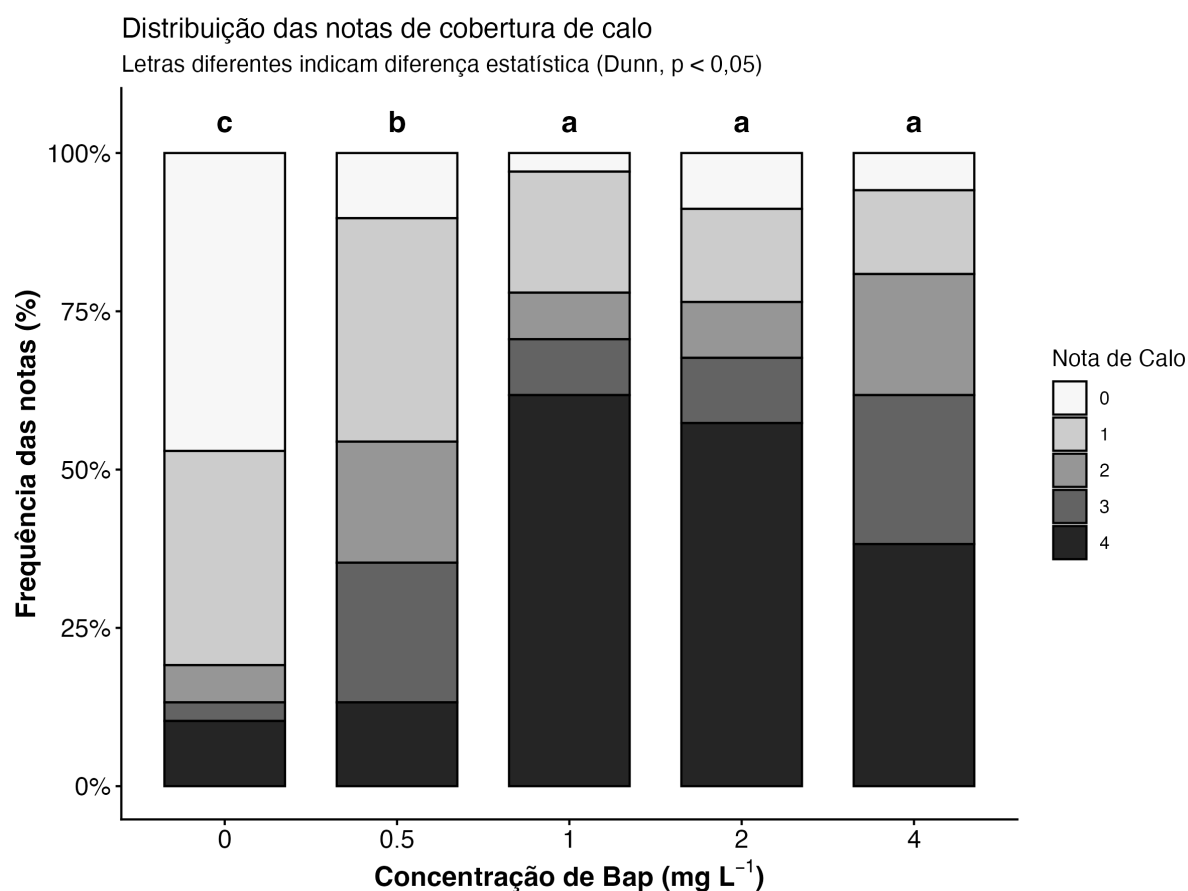


Figura 3. Porcentagem de distribuição das notas de cobertura de calos em segmentos nodais em diferentes concentrações de BAP, letras indicam diferenças estatísticas pelo teste Krsukall-Walis e Dunn ($p < 0,05$). Nota de calo 0 - ausência de calos; nota 1 - cobertura até 25% do explante; nota 2 - cobertura até 50%; nota 3 - cobertura até 75%; e nota 4 - cobertura até 100%.

Alongamento *in vitro*

A adição de GA₃ no meio de cultura não mostrou diferença estatística para o alongamento de segmentos caulinares de *B. guianensis* (Kruskal Wallis, $p = 0,20$).

Enraizamento

O uso de AIB em diferentes concentrações influenciou significativamente a porcentagem de explantes enraizados, o número de raízes e a porcentagem de indução de calos, todos diferindo dos respectivos controles. A oxidação não foi afetada pelo uso de qualquer concentração de desta auxina (tabela 4).

Tabela 4. Indução de calos e raízes em segmentos ápices de *B. guianensis* em diferentes concentrações de AIB, a análise por GLM (Modelos Lineares Generalizados) binomial com teste de Tukey indicou diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$). Para o número de raízes e notas de calos, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis seguido de Dunn ($p < 0,05$), letras diferentes indicam diferenças estatística.

AIB (mg L ⁻¹)	Explantes enraizados (%)	Número de raízes	Indução de calos (%)	Oxidação (%)
0,0	5 b	0,05 b	15 b	40 a
0,5	60 a	3,85 a	90 a	25 a
1,0	25 ab	1,1 ab	95 a	55 a
2,0	50 ab	3,05 a	95 a	60 a
4,0	35 ab	2,9 ab	100 a	45 a

A rizogênese só foi observada a partir dos 30 dias de cultivo, por outro lado, a calogênese foi observada a partir de 10 dias de cultivo, com os calos se formando na base dos segmentos apicais (figura 4). A maior categoria de notas de calos (nota 4) foi observada de maneira significativa na concentração de 4 mg L⁻¹ de AIB (figura 5).

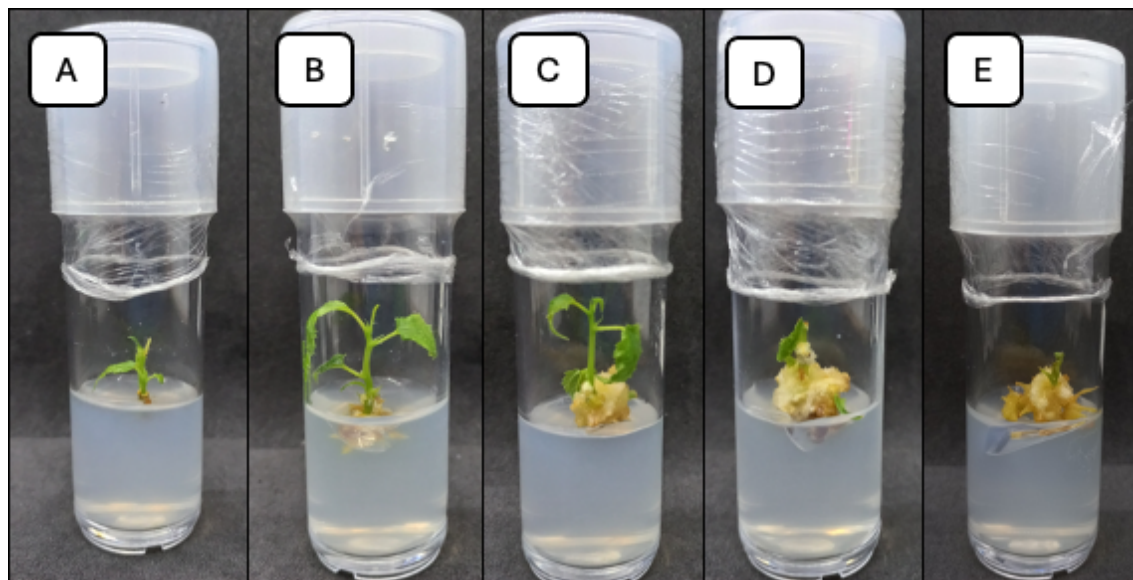


Figura 4. Aspecto de segmentos apicais de *B. guianensis* em diferentes concentrações de ácido indol butírico; 0 mg L⁻¹ (A); 0,5 mg L⁻¹(B); 1 mg L⁻¹ (C); 2 mg L⁻¹(D) e 4 mg L⁻¹ (E).

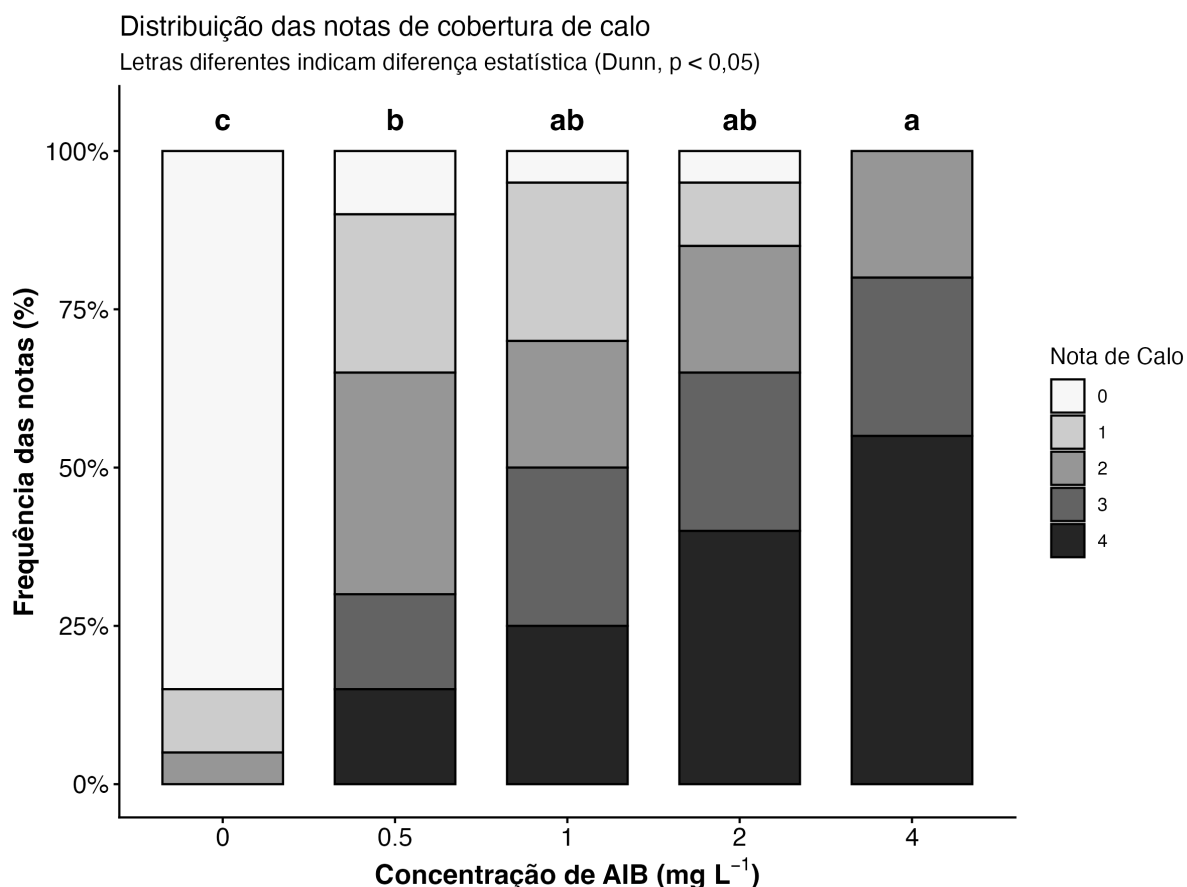


Figura 5. Frequência de notas de cobertura de calos em segmentos apicais de *B. guianensis* com AIB, mostrando diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis e teste de Dunn ($p < 0,05$). Nota de calo 0 - ausência de calos; nota 1 - cobertura até 25% do explante; nota 2 - cobertura até 50%; nota 3 - cobertura até 75%; e nota 4 - cobertura até 100%.

Aclimatização

O processo de pré-aclimatização usando areia com fertilizante não foi eficiente devido à alta taxa de contaminação fúngica que as plantas apresentaram (figura 6-A), resultando na morte de todas as amostras. Já as plantas cultivadas em substrato de terra preta tiveram 100% de sobrevivência a essa etapa e foram acondicionadas em casa de vegetação, onde após 30 dias contabilizou 73,3% de sobrevivência após transferidas (figura 6).

Ao final do tratamento fotoautotrófico das plantas em sala de crescimento no laboratório as plantas apresentaram uma altura média de 7,12 cm e nove folhas, e ao serem transferidas para a casa de vegetação ao final de 30 dias houve um aumento em altura passando para uma média de 9,5 cm e nove folhas, importante ressaltar que houve queda e nascimento de folhas durante o período na casa de vegetação.

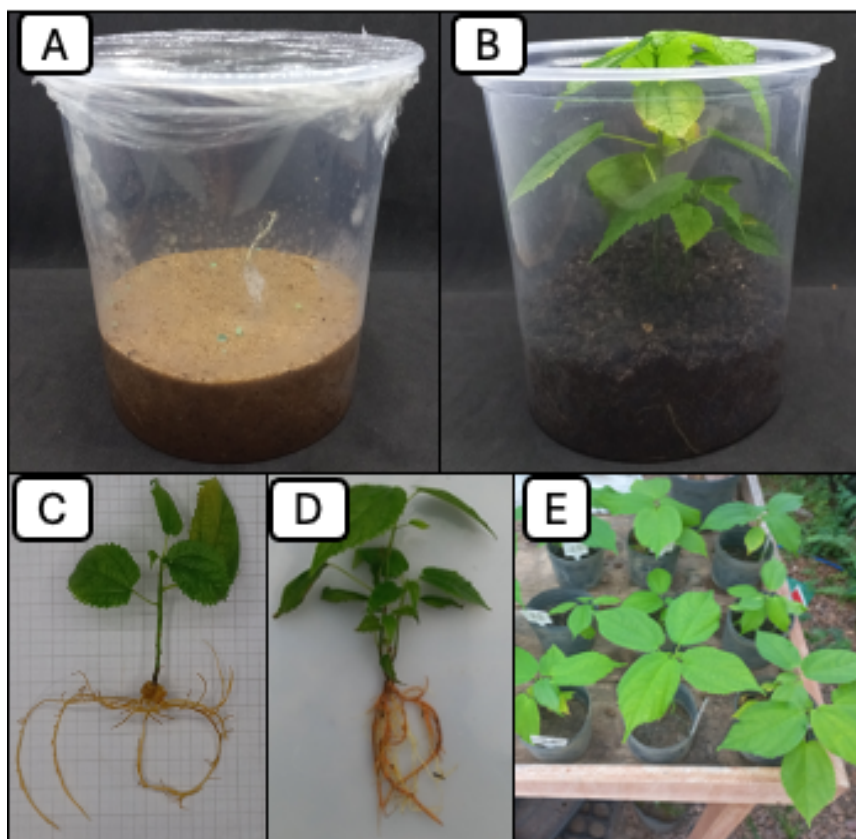


Figura 6. Processo de aclimatização fotoautotrófica em plantas de *B. guianensis* em diferentes substratos. Após 30 dias, areia com fertilizante apresentando fungos (A); plantas em terra preta orgânica (B); plantas antes do cultivo fotoautotrófico (C) e após cultivo fotoautotrófico (D) em terra preta orgânica, plantas em casa de vegetação (E).

Discussão

A *B. guianensis* germinou em todos os tratamentos com iluminação, já no escuro as germinações foram significativamente baixas mesmo com giberelina adicionada ao meio, mostrando que a espécie apresenta fotoblastismo positivo (tabela 1). Para sementes pequenas, a necessidade de luz é vantajosa ecologicamente, pois, do contrário, elas não conseguiriam deslocar a serapilheira que as cobrisse e não conseguiriam competir com as demais plantas estabelecidas (Di Cecco et al. 2019). Como no caso da *B. guianensis* que apresenta sementes pequenas com comprimento entre 3,64 a 3,93 mm e diâmetro de 2,15 a 2,34 mm (Becker et al. 2024).

As giberelinas são hormônios que desempenham um papel importante durante o processo germinativo, sendo que o seu uso em ausência de luz pode promover maiores taxas de germinação (Di Cecco et al. 2019). Para *B. guianensis* o sinal luminoso apresentou-se como um fator importante para promover a germinação das sementes *in vitro*. Entretanto a adição de giberelina proporcionou plantas mais longas em luz de LED-B, já em

LED-AV combinado o regulador estimulou plantas com mais folhas e números de nós, importantes para as etapas de micropropagação. Em morangos brancos foram relatados resultados semelhantes, onde a luz LED-AV proporcionou mudas mais desenvolvidas tanto na parte aérea quanto no sistema radicular (Pang et al. 2023).

O efeito da qualidade da luz pode modular as características morfológicas das plantas, e o LED-AV são as que exercem maiores efeitos no crescimento (Simlat et al. 2016). Efeitos da qualidade de luz interferindo na morfogênese *in vitro* de plantas, foi relatado em *Phyllanthus tenellus*, onde a luz de LED vermelha induziu maiores números de raízes e a azul número de folhas (Victório and Lage 2009), já em estêvia o efeito da luz azul proporcionou melhor desenvolvimento das raízes e das folhas, enquanto a vermelha proporcionou apenas um efeito no tamanho das plantas, sendo elas mais alongadas (Simlat et al. 2016).

A investigação de diferentes tipos de luz na morfogênese *in vitro* em *B. guianensis* ainda não havia sido relatada, sendo que esse tipo de estudo em espécies florestais amazônicas é essencial para compreender as respostas em diferentes condições ambientais. Já que o uso e a composição espectral das lâmpadas de LED interferem na fotomorfogênese e consequentemente na morfologia das plantas no cultivo *in vitro*, uma vez que na cultura de tecidos a sinalização para o desenvolvimento é mais importante do que a otimização fotossintética (Surakshitha et al. 2026).

A BAP é um regulador amplamente utilizado na cultura de tecidos para indução de multibrotações (Silva et al. 2025). Sendo amplamente utilizada para estimular a divisão celular, reduzir a dominância apical e promover a proliferação de brotos, o que é crucial para a micropropagação de plantas (Bisericar et al. 2025).

O uso difundido da BAP pode estar relacionado à sua eficácia em ser metabolizado pelos tecidos vegetais (Zaerr and Mapes 1982). Por exemplo, a BAP foi melhor em indução de brotos e proporcionou menores índices de oxidação em relação a zeatina e cinetina em *Campomanesia phaea* uma espécie arbórea (Demétrio et al. 2021). Os maiores níveis de oxidação encontrados em *B. guianensis* foram na ausência de BAP e com a maior concentração do regulador (tabela 3).

Houve formação de calos em todos os tratamentos com os segmentos nodais de *B. guianensis*, porém a adição de BAP aumentou a porcentagem de calogênese. Em *Anadenanthera macrocarpa* foi observado a formação dessas estruturas mesmo sem a adição de regulador (Miranda et al. 2020). Em segmentos nodais de *Sapindus trifoliatus* foi relatado

que as concentrações mais elevadas (3,0 - 5,0 mg L⁻¹) de BAP resultaram em uma proliferação excessiva de calos o que prejudicou no desenvolvimento dos brotos (Asthana et al. 2011). Silva et. al. (2021) atribuem a formação de calos em segmentos de *Myracrodruon urundeuva* a adição de citocininas a um desequilíbrio hormonal nos explantes advindos de plantas germinadas *in vitro*.

A classificação de cobertura de calos nos explantes foi diferente de acordo com a concentração de BAP acima de 1 mg L⁻¹ (figura 1). Para a espécie *Chresta exsucca* DC. todas as concentrações, 1,11; 2,22; 4,44 e 8,88 µM, de BAP estimularam progressivamente a calogênese (Abdalla 2025). Já em *Adansonia digitata* L. a calogênese só apareceu em altas concentrações de BAP (3,0; 4,0 e 5,0 mg L⁻¹) em segmentos de nós cotiledonares (Nazrin et al. 2025).

A indução de raízes em segmentos apicais de *B. guianensis* ocorreu já a partir de 0,5 mg L⁻¹ de AIB. Porém, a alta taxa de formação de calos prejudicou a formação de plantas, já que toda a parte aérea foi coberta por calos. Resultados semelhantes foram observados em *Adansonia digitata* L. onde as maiores concentrações de AIB reduzem o enraizamento e aumentam a produção de calos (Nazrin et al. 2025). George et al. (2008) afirma que os calos formados na base de microestacas prejudicam a rizogênese das plantas, e que esse fenômeno se dá principalmente a quantidades excessivas de açúcares.

O AIB é uma auxina muito utilizada para o enraizamento de plantas devido sua baixa toxicidade do regulador de crescimento, muito utilizada em protocolos de espécies florestais (Oliveira et al. 2013). Ainda mais recentemente Silva, Rocha e Herrera (2025) verificaram que esse regulador continua sendo o mais usado para indução de raízes de árvores brasileiras.

Em protocolos de micropropagação de espécies lenhosas utilizando 10 ou 20 µM de AIB para *Calophyllum brasiliense* e 5,0; 10; 20 e 40 mg L⁻¹ para *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* não obtiveram enraizamento (Silveira et al. 2016; Mendes et al. 2024). Já em *Corymbia citriodora* as concentrações de AIB adicionadas (1,0; 2,0; e 4 mg L⁻¹) ao meio induziram as maiores porcentagens de enraizamento e aumentou no número médio de raízes a cada aumento da concentração (Maravilha et al. 2023). Em testes com diferentes auxinas para o enraizamento de *Apuleia leiocarpa* foi constatado que, onde houve a maior indução de calos ocorreu a maior ocorrência de raízes, sendo apontada como benéfica para o enraizamento *in vitro* da espécie (Lencina et al. 2020).

A calogênese observada em *B. guianensis* prejudicou o enraizamento *in vitro* dos segmentos apicais, já que o explante foi convertido em massas celulares com posterior indução de enraizamento. As concentrações utilizadas se mostraram serem altas, devendo ser investigados níveis mais baixos ou outras auxinas. O mesmo comportamento foi observado em *Amburana acreana* e *Cariniana estrellensis* que apresentaram rizogênese com 0,5 mg L⁻¹ de AIB. Entretanto, ao aumentar essa concentração observou-se o desenvolvimento de calos (Fermínio-Junior and Scherwinski-Pereira 2012; Albino et al. 2019).

Os calos são um tecido de plantas formado pelo crescimento desorganizado de suas células, podendo serem induzidos em explantes a partir de injúrias nos tecidos ou com estímulo químico de reguladores de crescimento (George et al. 2008; Bull and Michelmore 2022). Como em *B. guianensis* onde houve a indução de calos nos explantes sem reguladores, porém menores e adquirindo tamanhos maiores quando inoculados em meio com BAP, para os segmentos nodais e AIB nos apicais. Esses calos produzidos geram novos órgãos já que são totipotentes, usados na organogênese indireta de plantas (Teixeira et al. 2024).

Com isso o uso de reguladores de crescimento no meio de cultura modula as respostas das plantas *in vitro*, devido à plasticidade das células vegetais, orientando a regeneração de órgãos nessas condições, sendo aplicado na biotecnologia para produção de plantas (Bhat and Shahzad, 2026). A partir dos calos é possível a rediferenciação desse tecido em outros órgãos vegetais, como novas brotações, resposta encontrada com a *B. guianensis* onde houve a formação de calos e posteriores brotações com a adição de BAP (Lone et al. 2020).

O uso do cultivo fotoautotrófico com substrato de terra preta antecedendo a aclimatização de plantas de *B. guianensis* proporcionou uma alta porcentagem de sobrevivência na casa de vegetação, já que ao aumentar a taxa de trocas gasosas e incidência luminosa as plantas se tornam autossuficientes, principalmente graças à realização da fotossíntese. O sistema de cultivo fotoautotrófico oferece vantagens como mudas mais vigorosas, desenvolvimento rápido no processo de aclimatização e desenvolvimento de campo (Ashrafzadeh and Leung 2021). Para espécies lenhosas se encontram maiores desafios na fase de aclimatização quando comparadas às herbáceas, e realizar um processo de pré-aclimatização em ambiente controlado aumenta a taxa de trocas gasosas, influenciando positivamente na sobrevivência das mudas de plantas lenhosas (Grzelak et al. 2024).

O cultivo fotoautotrófico se mostrou positivo em algumas espécies como *Billbergia zebrina* observaram que essa etapa influenciou positivamente para desenvolvimento e

crescimento *ex vitro* durante o processo de aclimatização da espécie (Martins et al. 2025). Em *Adansonia digitata* o uso de substrato para vasos permitiu a maior taxa de sobrevivência das plantas em fase de aclimatização (Nazrin et al. 2025). O cultivo de *Ilex guayusa*, uma espécie amazônica, apresentou crescimento durante a fase de aclimatização em sala ambiente controlado com aumento da área foliar, proporcionando plantas para plantio no solo (Carvalho et al. 2021). Souza et al. (2023) concluem que o sistema fotoautotrófico é vantajoso já que influencia na morfofisiologia das plantas, e esses fatores diminuem suas perdas durante a produção de mudas.

Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho estabelecem o primeiro protocolo de micropropagação de *Bagassa guianensis*. A germinação *in vitro* é dependente da luz e quando associado ao GA₃ induz plantas com maiores números de folhas e nós. A concentração de 4 mg L⁻¹ BAP em segmentos nodais induz os maiores número de brotações, mas negativamente também promovendo a calogênese. A adição de 0,5 mg L⁻¹ de AIB proporciona mais explantes apicais enraizados, porém com alta formação de calos. A utilização de substrato de terra preta comercial se mostrou eficiente para a aclimatização fotoautotrófica. Esses dados mostram o potencial da micropropagação para a produção de mudas e conservação de germoplasma da espécie.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001. Ao Programa de pós-graduação em Biodiversidade e conservação da Universidade Federal do Pará (UFPA-Altamira). A Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação (PROPESP) e a Fundação Amazônica de Amparo a Estudos e Pesquisa (FAPESPA). Ao projeto PROCAD-AM Edital 21-2018/CAPES e ao Projeto de Fortalecimento de Grupos de Pesquisa Liderados por Mulheres do Estado do Pará FAPESPA edital 003/2024.

Referências

Abdalla DF, Silveira AAC, Sibov ST, Moraes MG (2025) Micropropagation and *in vitro* fructan production by *Chresta exsucca* DC. (Asteraceae). In Vitro Cellular Developmental Biology - Plant 61:1125–1138. <https://doi.org/10.1007/s11627-025-10554-0>

Albino BÉS, Canatto RA, Cordeiro AT, Fukushima CH, Pilon AM (2019) *In vitro* propagation of "Jequitibá-Branco" (*Cariniana estrellensis*): An alternative for reforestation

programs. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas 13:88–99. <https://doi.org/10.18011/bioeng2019v13n2p88-99>

Ashrafzadeh S, Leung DWM (2021) Photoautotrophic micropropagation system (PAM): a novel approach deserving increased uptake for commercial plant production. Vegetos 34:13-18. <https://doi.org/10.1007/s42535-020-00182-x>

Asthana P, Jaiswal VS, Jaiswal U (2011) Micropropagation of *Sapindus trifoliatus* L. and assessment of genetic fidelity of micropropagated plants using RAPD analysis. Acta Physiologiae Plantarum 33:1821–1829. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0721-0>

Bao J, O'Donohue B, Sommerville KD, Mitter N, O'Brien C, Hayward A (2024) Tissue culture innovations for propagation and conservations of Myrteae - A globally important Myrtaceae tribe. Plants 13:2244. <https://doi.org/10.3390/plants13162244>

Becker DRS, Herrera RC, Rocha TT, Bezerra DA, Leão FM, Reis ARS, Costa RCL, Oliveira LM, Nascimento MN (2024) Morphoanatomical and Biochemical Changes in Seeds of *Bagassa guianensis* (Moraceae). Tropical Conservation Science 17:1–13. <https://doi.org/10.1177/19400829241248304>

Bhat AY, Shahzad A (2026) Optimizing efficient and reproducible *in vitro* regeneration via shoot organogenesis and somatic embryogenesis from leaf and nodal explants of *Phlomis bracteosa* Royle ex Benth.—a highly valued medicinal herb of the Himalayas. In Vitro Cellular Developmental Biology - Plant (no prelo/ahead of print). <https://doi.org/10.1007/s11627-025-10622-5>

Bisericarú DM, Pérez-Jiménez M, Romero-Muñoz M, Caldera FB, Bordignon S, Trotta F, Matencio A (2025) Optimizing 6-benzylaminopurine for micropropagation: a cyclodextrin monomers and polymers approach. Carbohydrate Polymers 362:123658. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2025.123658>

Bossu J, Beauchêne J, Estevez Y, Duplais C, Clair B (2016) New insights on wood dimensional stability influenced by secondary metabolites: The case of a fast-growing tropical species *Bagassa guianensis* Aubl. PLoS One 11:1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150777>

Braga DPP, Ruschel AR, Kanashiro M, Vidal E, Cruz ED, Miléo RC, Porro R (2021) Árvores do manejo florestal no Projeto de Desenvolvimento Sustentável Virola-Jatobá, Anapu, PA, 1st edn. Embrapa, Brasília. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1134517>

Brasil (2022) Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região norte. In: Coradin L, Camillo J, Vieira ICG (eds) MMA, Brasília. <https://www.gov.br/mma/pt-br/livro-especies-nativas-da-flora-brasileira-de-valor-economico-atual-ou-potencial-2013-plantas-para-o-futuro-2013-regiao-norte.pdf/view>

Bull T, Micheltmore R (2022) Molecular Determinants of *in vitro* Plant Regeneration: Prospects for Enhanced Manipulation of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Frontier in Plant Science* 13:88425. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.888425>

Carvalho PER (2010) Tatajuba: *Bagassa guianensis*. In: Carvalho PER (ed) Espécies arbóreas brasileiras, vol 4. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp 504–512. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1140076/tatajuba-bagassa-guianensis>

Carvalho SD, Ortega M, Orellana M, Rodríguez M, Foltá KM, Torres ML (2021) *In vitro* propagation of the Amazonian medicinal plant guayusa (*Ilex guayusa*) and effects of light in the growth and development of this shade tolerant plant. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 147:503–517. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02142-y>

De-Klerk GJ (2002) Rooting of microcuttings: theory and practice. *In Vitro Cellular Developmental Biology - Plant* 38:415–422. <https://doi.org/10.1079/IVP2002335>

Demétrio CA, Jacob JFO, Ambrosano GB, Oliveira ET, Rodrigues PHV (2021) *In vitro* propagation of cambuci (*Campomanesia phaea*): An endangered exotic fruit and ornamental plant from Brazilian Atlantic Forest. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 145:203–208. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-02002-1>

Di Cecco V, Di Musciano M, Frattaoli AR, Di Martino L (2019) Seed ecology of *Saxifraga italica*: effects of light, temperature and gibberellic acid. *Folia Geobotanica* 53:139–150. <https://doi.org/10.1007/s12224-019-09352-5>

Fermeno Junior PCP, Scherwinski-Pereira JE (2012) Germinação e propagação *in vitro* de cerejeira (*Amburana acreana* (Ducke) A.C. Smith - FABACEAE). *Ciência Florestal* 22:1–9. <https://doi.org/10.5902/198050985074>

George FE, Hall AM, De-Klerk GJ (2008) *Plant Propagation by Tissue Culture Volume 1. The Background*, 3rd edn. Springer, Dordrecht.

Gondour C (2021) Políticas públicas para proteção da floresta Amazônica: O que funciona e como melhorar. Amazônia 2030, Belém. <https://doi.org/10.59346/report.amazonia2030.202107.ed8.cpi>

Grzelak M, Pacholczak A, Nowakowska (2024) Challenges and insights in the acclimatization step of micropropagated woody plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 159:72. <https://doi.org/10.1007/s11240-024-02923-1>

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2024) *Bagassa guianensis*. IPT: informações sobre a madeira. <https://madeiras.ipt.br/tatajuba/>

International Tropical Timber Organization (2023) Bagasse (*Bagassa guianensis*). ITTO: Less Used Species. <http://www.tropicaltimber.info/specie/bagasse-bagassa-guianensis/>

Jesus RS, Oliveira LS, Silva LM, Carvalho LR (2024) Resgate e conservação *in vitro* de espécies florestais nativas ameaçadas. In: Editora Científica Digital (ed) Tópicos Especiais em Engenharia Florestal, vol 2. Editora Científica Digital, pp 182–201. <https://doi.org/10.37885/240717276>

Laboratório de Produtos Florestais (2024) Tatajuba. Serviço Florestal Brasileiro. <https://lpf.florestal.gov.br/>

Lencina KH, Avinio RS, Fauerschmehl M, Pimentel N, Bisognin DA (2020) Introdução de segmentos nodais e enraizamento *in vitro* de *Apuleia leiocarpa*. Ciência Florestal 30:1290–1298. <https://doi.org/10.5902/1980509843376>

Lone SM, Hussain K, Malik A, Magray M, Hussain SM, Rashid M, Farwah S (2020) Plant propagation through tissue culture – A biotechnological. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (IJCMAS) 9:2176–2190. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.254>

Lorenzi H (2002) Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil, 2nd edn. Instituto Plantarum, Nova Odessa

Machado AFP, Teixeira MDR (2024) *Bagassa* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB19767>

Maravilha LF, Titon M, Canguçu VS, Rocha FM, Oliveira MLR (2023) Enraizamento *in vitro* e aclimatização de plântulas de *Corymbia citriodora*. Pesquisa Florestal Brasileira 43:1–10. <https://doi.org/10.4336/2023.pfb.43e202102232>

Martins JPR, Verdoodt V, Pasqual M, De Proft M (2015) Impacts of photoautotrophic and photomixotrophic conditions on *in vitro* propagated *Billbergia zebrina* (Bromeliaceae). Plant Cell Tissue and Organ Culture 123:121–132. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0820-5>

Mendes MF, Félix BV, Isernhagen I, Tardin ABB, Tsukamoto Filho AA, Moura LC (2024) Propagação *in vitro* de *Schizolobium parahyba* var. Amazonicum. Contribuciones a Las Ciencias Sociales 17:e8283. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.7-131>

Miranda JS, Santana ALB, Nascimento AR, Didolanvi OD, Santos EN, Menezes ACP, Souza AVV (2020) Tipos de explantes e concentração de BAP (6-benzilaminopurina) no estabelecimento *in vitro* de angico-vermelho. Revista Ouricuri 10:001–008. <https://doi.org/10.59360/ouricuri.vol10.i1.a10400>

Murashige T, Skoog F (1962) A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol Plant 15:473–479

Nazrin S, Marka R, Panchala S, Godishala V, Nanna RS (2025) Micropropagation of globally endangered tree *Adansonia digitata* L. Discover Plants 2:330. <https://doi.org/10.1007/s44372-025-00413-y>

Oliveira LS, Dias PC, Brondani GE (2013) Micropropagação de espécies florestais brasileiras. *Pesquisa Florestal Brasileira* 33:439–453. <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.76.481>

Pang WQ, Tam DT, Atari MFM, Yoong ICK, Subramaniam S (2023) Establishment of an efficient micropropagation protocol for Cameron Highlands White Strawberry (*Fragaria x ananassa*) using a light emitting diode (LED) system. *South African Journal of Botany* 157:189–200. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.03.061>

Pinheiro WBS, Pinheiro Neto JR, Botelho AS, Dos Santos KIP, Da Silva GA, Muribeca AJB, Pamplona SGSR, Fossenca SSS, Silva MN, Arruda MSP (2022) The use of *Bagassa guianensis* aubl. forestry waste as an alternative for obtaining bioproducts and bioactive compounds. *Arabian Journal of Chemistry* 22:103813. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103813>

Royer M, Rodrigues AMS, Herbette G, Beauchêne J, Chevalier M, Hérault B, Thibaut B, Stien DE (2012) Efficacy of *Bagassa guianensis* Aubl. extract against wood decay and human pathogenic fungi. *International Biodeteriorations & Biodegradation* 70:55–59. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.10.016>

Sabogal C, De Almeida E, Marmillod D, Carvalho JPO (2006) Silvicultura na Amazônia Brasileira: avaliação de experiências e recomendações para implementação e melhoria do sistema. CIFOR, Belém. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/379475>

Silva GAS, Rocha TT, Herrera RC (2025) Micropropagação de espécies lenhosas nativas: análise do conhecimento científico e perspectivas para a conservação. *Fronteiras: Journal of Social Technological and Environmental Science* 14:267–298. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2025v14i1.p267-298>

Silva TS, Leite RS, Fonseca PT, Santana JRF (2021) *In vitro* shoot regeneration in *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. *Pesq Agropec Trop* 53:e69269. <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5169269>

Silveira SS, Cordeiro-Silva R, Degenhardt-Goldbach J, Quoirin M (2016) Micropropagation of *Calophyllum brasiliense* (Cambess.) from nodal segments. *Brazilian Journal of Biology* 76:656–663. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23714>

Simlat M, Slezak P, Mós M, Warchol M, Skrzypek E, Ptak A (2016) The effect of light quality on seed germination, seedling growth and selected biochemical properties of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Scientia Horticulturae* 211:295–304. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.009>

Smiderle OJ, Souza AG (2022) Cartilha de sementes de espécies florestais em Roraima. Embrapa Roraima, Boa Vista. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1149583>

Souza LM, Barbosa MB, Nascimento KRP, Fonseca PT, Houllou LM (2023) Cultivo fotoautotrófico e fotomixotrófico de plantas *in vitro*: uma revisão sistemática sobre o uso da técnica e suas implicações na produção de mudas de espécies arbóreas. Multidisciplinary Sciences Reports 3:1–20. <https://doi.org/10.54038/ms.v3i3.42>

Surakshitha NC, Henken B, Tinnenbroek I, Bergervoet M, Schaart J, Juranic M (2026) Species-specific responses to LED lighting in plant tissue culture. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 164:1–5. <https://doi.org/10.1007/s11240-025-03331-9>

Teixeira MG, da Silva MRL, Carvalho M, Freitas NC, Calvelli JVB, da Cunha Neto AR, Barbosa S, Santos BR (2024) Direct organogenesis and callogenesis in zygotic embryos of bacupari (*Garcinia brasiliensis* Mart.). Plant Cell, Tissue and Organ Culture 159:66. <https://doi-org.ez3.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11240-024-02928-w>

Victório CP, Lage CLS (2009) Effects of light quality and plant growth regulators on *in vitro* flowering of *Phyllanthus tenellus* Roxb. Gen Appl Plant Physiol 35:44–50

Zaerr JB, Mapes MO (1982) Action of Growth Regulators. In: Bonga JM, Durzan DJ (eds) Tissue Culture in Forestry, vol 5. Springer, Dordrecht, pp 231–255. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3538-4_9