

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de **19/08/2027.**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” – FACULDADE DE
CIÊNCIAS E LETRAS – CAMPUS DE ASSIS

GUSTAVO WOLFARTH SILVA

**Estudos biotecnológicos do chichá (*Sterculia striata* A.St.-Hil. & Naudin):
Metodologias para obtenção de calos**

ASSIS/SP
2025

**Estudos biotecnológicos do chichá (*Sterculia striata* A.St.-Hil. & Naudin):
Metodologias para obtenção de calos**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Letras, Assis, para a obtenção do título de Mestre em Biociências (Área de Conhecimento: Caracterização e Aplicação da Diversidade Biológica)

Orientador(a): Renata Giassi Udulutsch

Co-Orientador(a): Milena Cristina Moraes

ASSIS
2025

S586e

Silva, Gustavo Wolfarth

Estudos biotecnológicos do chichá (*Sterculia striata* A.St.-Hil. & Naudin):
Metodologias para obtenção de calos / Gustavo Wolfarth Silva. -- Assis, 2025
55 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências e Letras, Assis

Orientadora: Renata Giassi Udulutsch

Coorientadora: Milena Cristina Moraes

1. *Sterculia Striata*. 2. Calogenese. 3. Germinação in vitro. I. Título.



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE GUSTAVO WOLFARTH SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCIÊNCIAS, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS - CÂMPUS DE ASSIS.

Aos 19 dias do mês de agosto do ano de 2025, às 9h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de GUSTAVO WOLFARTH SILVA, intitulada **ESTUDOS BIOTECNOLÓGICOS DO CHICHÁ (*Sterculia striata* A.St. Hil. & Naudin): Metodologias para obtenção de calos**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. MILENA CRISTINA MORAES (Co-orientador(a) - Participação Virtual) do(a) UNESP/ASSIS, Prof. Dr. NELSON BARBOSA MACHADO NETO (Participação Virtual) do(a) Ciências Agrárias / Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE), Profa. Dra. CAMILA BAPTISTÃO ZANIBONI (Participação Virtual) do(a) Universidade do Oeste Paulista - (UNOESTE). Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. MILENA CRISTINA MORAES

 Documento assinado digitalmente
MILENA CRISTINA MORAES
Data: 19/08/2025 11:53:04-0300
Verifique em <https://validar.b.gov.br>

**Dedico este trabalho à Dra. Mônica
Rosa Bertão e Milena Cristina Moraes.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço e agradecerei eternamente à Dra. Mônica Rosa Bertão, a quem, infelizmente, não pude dar o abraço apertado que tanto gostaria ao final do mestrado. Foi ela quem me abriu as portas e me incentivou desde a primeira vez em que entrei no laboratório, alimentando minha curiosidade e meu interesse por tudo que envolve o tema de pesquisa.

De certa forma, foi ela quem trouxe para minha vida a Dra. Milena, que, em meio a uma tempestade de incertezas e dúvidas sobre o caminho que eu trilharia, surgiu como um feixe de luz para acalmar as angústias e oferecer todo o suporte necessário — e até mais do que o necessário.

Duas pesquisadoras a quem devo muito e pelas quais serei eternamente grato por terem cruzado meu caminho.

Agradeço também à minha família, especialmente à minha mãe, Rosângela, e ao meu pai, Gerson, por sempre acreditarem em mim e estenderem a mão para que a trajetória durante esses anos fosse mais calma, leve e apreciada. Sem todo esse apoio, teria sido impossível percorrer esse trajeto repleto de altos e baixos, mas que, graças a eles, nunca me fez desistir.

Foi igualmente essencial a presença dos meus amigos — Amanda, André, Carlos, Jean, Rebeca, Thomaz, Phillip, Gabriel e Catarina — por todos os momentos de descontração e leveza proporcionados por laços de amizade baseados em puro companheirismo e ajuda mútua. Em diversos momentos, pequenos gestos ou palavras em dias difíceis foram suficientes para renovar as energias e dar fôlego para seguir em frente.

Agradeço ainda aos colegas de laboratório com quem trabalhei, por manterem um ambiente sempre agradável e acolhedor, incentivando uns aos outros a melhorar e oferecendo suporte nos dias em que os experimentos não saíam como esperado.

SILVA, Gustavo Wolfarth. **Estudos biotecnológicos do chichá (*Sterculia striata* A.St. Hil. & Naudin): Metodologias para obtenção de calos**. 2025 .Dissertação (Mestrado em Biociências) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras, Assis, 2025.

RESUMO

A *Sterculia striata* A.St.-Hil. & Naudin é uma planta alimentícia não convencional (PANC) que vem ganhando importância nas áreas medicinal, com utilização da sua goma exsudada e propriedades fitoquímicas, nutricional com suas amêndoas e de reflorestamento por ser espécie pioneira e atrativa para animais. A utilização de técnicas de cultivo *in vitro* em espécies vegetais tem resultado em diversos avanços na produção de metabólitos, no melhoramento genético, na micropropagação em larga escala e na criação de bancos de germoplasma. Assim, observa-se que a definição e o estabelecimento de metodologias viáveis para alcançar objetivos específicos relacionados ao cultivo *in vitro* são de grande importância. Tendo isso em vista, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver protocolos eficientes para a germinação *in vitro*, estabelecimento e propagação de calos que possa auxiliar em futuros estudos com *S. striata*. Para isso, a germinação *in vitro* foi realizada utilizando diferentes meios nutritivos: Murashige e Skoog (MS), Woody Plant Medium e controle (água, ágar, sacarose), sendo realizadas avaliações quanto ao índice de velocidade de germinação (IVG) de cada tratamento, bem como peso fresco e seco dos segmentos das plantas. A eficiência da propagação de calos foi avaliada com pesagens em intervalos constantes de 10 dias até 60 dias, utilizando diferentes fontes de explantes: folha (F), pecíolo (PC), superior do epicótilo (SE), inferior do epicótilo (IE), hipocótilo (HP) e raiz (RA), inseridas em meios contendo diferentes concentrações de reguladores de crescimento ácido naftalenoacético (ANA), 6-benzilaminopurina (BAP), ácido indol-3-butírico (IBA) e ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). Os resultados demonstraram maior IVG e maiores taxas de germinação de plantas saudáveis quando utilizado meio WPM, seguido do MS a meia concentração. Para a propagação de calos os resultados mais eficientes foram obtidos quando se utilizaram HP ou IE em meios contendo combinações de 2 mg/L IBA + 2 mg/L BAP e 4 mg/L ANA + 0,5 mg/L BAP, com formação predominantemente de calos friáveis. Deste modo, o trabalho evidencia que a escolha do meio mais adequado no processo de germinação acarreta no bom desenvolvimento da planta e maior taxa de germinação, gerando assim maiores fontes de explante. A escolha das combinações e concentrações dos reguladores de crescimento influencia a quantidade de células proliferadas e tipo de calo desenvolvido, sendo fundamental sua definição, a depender do objetivo do estudo.

Palavras-chaves: *Sterculia striata*, calogênese, germinação *in vitro*

SILVA, Gustavo Wolfarth. **Biotechnological studies of chichá (*Sterculia striata* A.St. Hil. & Naudin): Methodologies for obtaining calluses**. 2025. 123 f. Dissertation (Masters in Biosciences). São Paulo State University (UNESP), School of Sciences, Humanities and Languages, Assis, 2025.

ABSTRACT

Sterculia striata A.St.-Hil. & Naudin is a non-conventional food plant (PANC) that has been gaining importance in medicinal areas, with the use of its exuded gum and phytochemical properties, in nutrition with its almonds, and in reforestation due to being a pioneer species and attractive to animals. The use of in vitro cultivation techniques in plant species has resulted in several advances in metabolite production, genetic improvement, large-scale micropropagation, and germplasm bank creation. Therefore, the definition and establishment of viable methodologies to achieve specific in vitro cultivation objectives are of great importance. Therefore, this study aimed to develop efficient protocols for in vitro germination, establishment, and callus propagation that can assist in future studies with *S. striata*. For this purpose, in vitro germination was performed using different nutrient media: Murashige and Skoog (MS), Woody Plant Medium, and control (water, agar, sucrose), with evaluations of the germination speed index (GSI) of each treatment, as well as the fresh and dry weight of the plant segments. The efficiency of callus propagation was evaluated with weighings at constant intervals of 10 days up to 60 days, using different explant sources: leaf (F), petiole (PC), upper epicotyl (SE), lower epicotyl (IE), hypocotyl (HP), and root (RA) inserted in media containing different concentrations of growth regulators naphthaleneacetic acid (NAA), 6-benzylaminopurine (BAP), indole-3-butyric acid (IBA), and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). The results showed a higher GSI and higher rates of healthy plant germination when the WPM medium was used, followed by half concentration MS. For callus propagation, the most efficient results were obtained when using HP or IE in media containing combinations of 2 mg/L IBA + 2 mg/L BAP and 4 mg/L ANA + 0.5 mg/L BAP, with predominantly friable callus formation. Thus, this study shows that choosing the most suitable medium in the germination process leads to good plant development and a higher germination rate, thus generating larger explant sources. The choice of combinations and concentrations of growth regulators influences the number of proliferated cells and the type of callus developed, and its definition is fundamental, depending on the objective of the study.

Keywords: *Sterculia striata*, callogenesis, *in vitro* germination.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
O gênero <i>Sterculia</i> L. e <i>Sterculia striata</i> A.St.-Hil. & Naudin	11
Potencial industrial.....	13
REFERÊNCIAS.....	15
Artigo - Indução e desenvolvimento de calogênese em explantes de <i>Sterculia striata</i>	
A.St.-Hil. & Naudin: folhas, pecíolos, epicótilos, hipocótilos e raiz.....	19
1.1 RESUMO.....	19
1.2 INTRODUÇÃO.....	21
1.3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
1.3.1 Material vegetal.....	23
1.3.2 Assepsia e germinação <i>in vitro</i>	23
1.3.3 Fontes de explantes para calogênese.....	24
1.3.4 Meios de cultura para calogênese.....	24
1.3.5 Avaliação da germinação e desenvolvimento <i>in vitro</i> das plantas.....	25
1.3.6 Avaliação do crescimento e morfologia dos calos.....	25
1.3.7 Análise Estatística.....	26
1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
1.4.1 Germinação.....	27
1.4.2 Indução de calos.....	32
1.4.3 Oxidação e escurecimento dos explantes e calos.....	38
1.4.4 Análise de crescimento.....	40
1.4.5 Morfologia.....	46
1.5 CONCLUSÃO	49
1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
1.5 REFERÊNCIA.....	51

INTRODUÇÃO

O termo “plantas alimentícias não convencionais” (PANC) foi criado em 2008 pelo biólogo Valdely Ferreira Kinupp para designar plantas nativas ou exóticas, espontâneas ou cultivadas, que apresentam uma ou mais partes comestíveis e que não estejam inseridas na alimentação cotidiana, englobando também espécies arbóreas. O maior conhecimento e utilização desse grupo de plantas, além de proporcionarem uma dieta mais diversificada e nutritiva a diversos grupos de pessoas, ainda pode melhorar a qualidade do solo e o fluxo de água em áreas degradadas (Kellen *et al.*, 2015).

Cerca de 400 mil espécies de plantas são conhecidas (WFO, 2024); entretanto, apenas 300 espécies vêm sendo utilizadas para diversos fins industriais no mundo, e somente 15 dessas correspondem a quase toda a alimentação humana mundial (Reifschneider *et al.*, 2015; Tuler; Peixoto; Silva, 2019). Conforme Jesus *et al.* (2020), a padronização do consumo alimentar pode causar déficit nutricional e contribuir para o desenvolvimento de doenças crônicas, sendo necessário o estímulo a uma maior diversidade alimentar.

O Brasil apresenta a maior biodiversidade de flora do mundo (Gomes-da-silva *et al.*, 2021). Há cerca de 53 mil espécies de plantas e fungos catalogadas; deste total 36,917 espécies compreendem o grupo das angiospermas, com 898 espécies (ou nomes) aceitos na família Malvaceae (Reflora, 2025). Estima-se que 10% desse montante sejam comestíveis e apresentem qualidades nutritivas superiores às dos alimentos tradicionalmente consumidos (Kellen *et al.*, 2015).

O último levantamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, em conjunto com o Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro por meio da iniciativa do Centro Nacional de Conservação da Flora, atualizado dia 12 de março de 2025, dos 9.444 táxons avaliados da flora 39,7% estão em algum risco de extinção. Dentro da família Malvaceae, entre 212 espécies avaliadas, 25,2% estão incluídas nessa lista (CNCFlora, 2025)

Estudos demonstram que diversas PANCs, além de possuírem valor nutricional, apresentam propriedades medicinais, com elevados níveis de atividade

antioxidante, compostos fenólicos e flavonoides (Liberato; Lima; Silva, 2019; Bezerra *et al.*, 2021).

A utilização de espécies arbóreas no reflorestamento é uma estratégia que acelera a regeneração das áreas ao melhorar a qualidade do solo, atrair fauna mais complexa, proporcionar boa cobertura e maior estabilidade da vegetação, aumentar a captura de carbono e servir como fonte de alimento para populações locais (Barbosa *et al.*, 2017; Overbeck *et al.*, 2015). A implantação de espécies arbóreas em áreas degradadas deve seguir critérios que priorizem espécies nativas e a fitofisionomia vegetal da área.

A presença de espécies arbóreas com propriedades medicinais e nutritivas já foi validada em diversos trabalhos. Santos, Gonçalves e Bertolucci (2017), em revisão bibliográfica, listaram mais de 30 plantas com propriedades medicinais, com pesquisas desenvolvidas entre 2010 e 2014. Encinas, Muñoz e Oliveira (2023) identificaram 15 espécies arbóreas com pesquisas em andamento, localizadas no EcoMuseu do Cerrado. Já Coutrim e Souza (2018) apresentaram a utilização de 14 espécies arbóreas do Cerrado da Bahia em tratamentos medicinais populares. A siriguela (*Spondias purpúrea* L.P), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes), guapeva (*Pouteria torta*), jenipapo (*Genipa americana*), cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) e o araticum (*Annona crassiflora*) são algumas espécies arbóreas que apresentam frutos nutritivos e compostos medicinais capazes de atender às demandas dos mercados alimentício e medicinal alternativos (Santos; Gonçalves; Bertolucci, 2017; Encinas; Muñoz; Oliveira, 2023; Liberato; Lima; Silva, 2019; Coutrim; Souza, 2018).

A biodiversidade de espécies arbóreas nativas do Cerrado representa um grande potencial para a produção alternativa em diversos setores econômicos, como alimentício e o medicinal, sem causar grandes impactos à vegetação, sendo necessário o desenvolvimento de estudos com outras espécies de interesse (Lima; Ferrante; Ferreira, 2020).

O gênero *Sterculia* L. e *Sterculia striata* A.St.-Hil. & Naudin

O gênero *Sterculia* L. pertence à família Malvaceae, embora antigamente integrasse a família Sterculiaceae. O sequenciamento de genes demonstrou uma filogenia robusta entre as famílias da ordem Malvales, resultando na fusão de Sterculiaceae, Tiliaceae e Bombacaceae à família Malvaceae, designando a

subfamília Sterculioideae (anteriormente Sterculiaceae) como constituída por plantas com flores apétalas, apocárpicas e unissexuadas androginóforas (Alverson *et al.*, 1999; Bayer *et al.*, 1998).

A subfamília Sterculioideae abrange cerca de 13 gêneros e 488 espécies, incluindo exemplares arbóreos, arbustivos e herbáceos, distribuídos por regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia, Oceania e América. No Brasil, estão presentes 14 gêneros e aproximadamente 165 espécies, distribuídas por todo o território nacional (Barbosa *et al.*, 2017; Raj; Solomon; Thangaraj, 2022)

O gênero *Sterculia* L. compreende cerca de 60 espécies arbóreas distribuídas pelas regiões tropicais da África, Ásia e Américas. No território brasileiro, há ocorrência de 15 espécies, encontradas nos biomas Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga e Amazônia. A escassez de informações sobre a filogenia das espécies do gênero *Sterculia* L. ainda gera incertezas quanto à sua nomenclatura, especialmente em relação às espécies amazônicas. Características como arquitetura foliar, número de estames, indumento dos tricomas sobre o cálice e dos folículos são utilizadas para diferenciar o gênero (Martins *et al.*, 2009; al Muqarrabun; Ahmat, 2015; Reflora, 2024).

Sterculia striata A.St.-Hil & Naudin, também conhecida como chichá, chichazeiro, mendubi-guaçu ou checha-do-norte, é uma PANC arbórea nativa encontrada na Caatinga (*stricto sensu*), Cerrado (*lato sensu*), Floresta Ciliar ou Galeria, Floresta de Terra Firme, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila (Pluvial), com distribuição desde o estado de São Paulo até o Pará. Suas características distintivas em relação às demais espécies do gênero incluem cálice campanulado e lacínios não apendiculados internamente.

A planta mede entre 8 a 14 metros, apresenta folhas lobadas em três a cinco segmentos e tronco cilíndrico, reto e de coloração acinzentada. A floração ocorre entre dezembro e março; as flores são pequenas, apétalas, com o centro floral avermelhado e as extremidades alaranjadas. A frutificação ocorre entre os meses de julho e agosto, com o surgimento de frutos lenhosos, ovóides e achatados, de coloração vermelho-alaranjada, contendo internamente de três a nove sementes ligadas às extremidades do fruto, podendo totalizar entre 100 a 180 sementes por frutificação em cada árvore. As sementes são elipsoides, medindo de 2 a 3,5 cm, envoltas por casca de coloração preta-esverdeada e tegumento interno acinzentado (Carvalho, 2014).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A germinação *in vitro* de *Sterculia striata* foi otimizada pelo uso de *WPM* suplementado com *PPM*, o que reduziu significativamente a contaminação e resultou em maior velocidade e percentual de germinação em comparação a $\frac{1}{2}$ *MS* e ao controle. Na indução de calos, hipocótilos e epicótilos apresentaram maior potencial, especialmente nas combinações de 2 mg/L de *IBA* + 2 mg/L de *BAP* e 4 mg/L de *ANA* + 0,5 mg/L de *BAP*, atingindo mais de 80% de indução. Combinações equilibradas de auxinas e citocininas favoreceram a formação de calos friáveis, enquanto altas concentrações de 2,4-*D* resultaram em calos compactos e de menor crescimento.

A oxidação, intensificada pelo acúmulo de compostos fenólicos, foi um fator limitante, principalmente em explantes de folhas e raízes, apresentando-se menos intensa em meios contendo *ANA/BAP* e *IBA/BAP*. As curvas de crescimento confirmaram melhor desempenho nesses meios, que mantiveram as fases exponencial e linear por mais tempo, em contraste com combinações contendo 2,4-*D*. A morfologia dos calos foi fortemente influenciada pelos reguladores de crescimento, afetando diretamente seu potencial regenerativo.

Este estudo estabelece parâmetros fundamentais para o desenvolvimento de protocolos de cultivo *in vitro* de *S. striata*, evidenciando que a escolha adequada do meio e dos reguladores de crescimento é determinante para maximizar a germinação, induzir calos de qualidade e reduzir a oxidação. Esses resultados contribuem para o avanço de estratégias de conservação e aplicações biotecnológicas da espécie.

REFERÊNCIAS

ÁVILA-VÍCTOR, C. M. et al. Callus type, growth regulators, and phytigel on indirect somatic embryogenesis of coffee (*Coffea arabica* L. var. Colombia). **Plants**, v. 12, n. 20, p. 3570, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12203570>.

AYISIRE, B. E.; OSONUBI, O.; AYISIRE, E. R. In-vitro callus induction and shoot regeneration from leaf and nodal explants of *Sterculia tragacantha* Lindl. **Ife Journal of Science**, v. 15, n. 2, 2013. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/ijs/article/view/275936>. Acesso em: 19 fev. 2025.

BARAK, S.; MUDGIL, D.; TANEJA, S. Exudate gums: chemistry, properties and food applications – a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 7, p. 2828-2835, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.10302>.

CAMARGO, J. T. et al. Efeito do escuro e do seccionamento de internódios do porta-enxerto de macieira, cv. Marubakaido, na calogênese in vitro. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 5, n. 2, 1999. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/CAST/article/view/272>. Acesso em: 18 fev. 2025.

CASTRO, A. H. F. et al. Callus induction and bioactive phenolic compounds production from *Byrsonima verbascifolia* (L.) DC. (Malpighiaceae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 143-151, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160017>.

CERQUEIRA, E. S. et al. Indução de calos em erva-de-touro (*Tridax procumbens* L.) utilizando diferentes reguladores de crescimento e tipos de explantes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 301-308, 2002. Disponível em: https://cienciaeagrotecnologia.ufla.br/images/26-2-2002_10.pdf. Acesso em: 18 fev. 2025.

DA SILVA, D.; IMAKAWA, A. M.; BRUNO, F. M. S.; SAMPAIO, P. T. B. Indução de calos friáveis em explantes foliares e segmentos nodais de pau-ferro (*Caesalpinia ferrea*). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 4, p. 1044-1050, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19084/RCA17311>.

DA SILVA, E. X. et al. Avaliação da atividade antioxidante e mitocondrial do extrato das sementes de chichá (*Sterculia striata* A. St. Hil. & Naudin) em células 3T3 e HeLa. **Revista UNI-RN**, v. 16, n. 1/2, p. 37-37, 2017. Disponível em: <https://revistas.unirn.edu.br/index.php/revistaunirn/article/view/406>. Acesso em: 21 dez. 2024.

DE MORI, G.; CIPRIANI, G. Marker-assisted selection in breeding for fruit trait improvement: A review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 10, p. 8984, 2023.

DHIMAN, M. et al. Ex situ conservation using in vitro methods of an endangered plant *Sterculia urens* Roxb.: a high volume trade plant for Gum Karaya. **Industrial Crops and Products**, v. 158, p. 113015, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113015>.

DOS SANTOS ALMEIDA, C. et al. Efeito do meio de cultura na germinação in vitro jenipapeiro. *Scientia Plena*, v. 9, n. 10, 2013. Disponível em: <https://scientiaplenua.org.br/sp/article/view/1537>. Acesso em: 13 fev. 2025.

DOS SANTOS, M. Á. S. et al. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em plantas medicinais da Amazônia: uma revisão. **Ciências Ambientais na Amazônia**, p. 77, 2021. DOI: 10.29327/546273.1-6.

DOS SANTOS, T. T.; VARAVALLLO, M. A. Aplicação de microrganismos endofíticos na agricultura e na produção de substâncias de interesse econômico. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 32, n. 2, p. 199-212, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2011v32n2p199>.

EL-SHEREI, M. M. et al. Phytochemistry, biological activities and economical uses of the genus *Sterculia* and the related genera: A review. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, v. 6, n. 6, p. 492-501, 2016. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(16\)61075-7](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(16)61075-7).

ERLAND, L. A.; MAHMOUD, S. S. An efficient method for regeneration of lavandin (*Lavandula x intermedia* cv. 'Grosso'). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 50, p. 646-654, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11627-014-9614-4>. Acesso em: 16 fev. 2025.

FELIX, F. C. et al. Selection of *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson mother trees for seeds production. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 2, p. 1-10, 2021.

FERREIRA, D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M. O. G. et al. Potential wound healing effect of gel based on chicha gum, chitosan, and *Mauritia flexuosa* oil. **Biomedicines**, v. 10, n. 4, p. 899, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines10040899>.

FREITAS, A. A. R. et al. *Sterculia striata* gum as a potential oral delivery system for protein drugs. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 164, p. 1683-1692, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.07.276>.

FREITAS, A. R. et al. Modification of chicha gum: Antibacterial activity, ex vivo mucoadhesion, antioxidant activity and cellular viability. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 228, p. 594-603, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.204>.

GARCIA, C. et al. Abnormalities in somatic embryogenesis caused by 2,4-D: an overview. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 137, p. 193-212, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-019-01569-8>.

GAVAZZA, M. I. A. Caracterização higroscópica, anatômica, fisiológica e bioquímica de sementes de *Sterculia striata* A. St. Hil. et Naudin. 2018. Tese (Doutorado em

Ciências Agrárias) – Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2018. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_5/2019-07-31-11-20-3312-Tese-%20Melicia.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

GEORGE, E. F.; HALL, M. A.; DE KLERK, G. **Plant Propagation by Tissue Culture**. 3. ed. Dordrecht: Springer, 2008. 501 p.

GUAN, Y. et al. Application of somatic embryogenesis in woody plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1-12, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00938>.

HESAMI, M.; DANESHVAR, M. H. Indirect organogenesis through seedling-derived leaf segments of *Ficus religiosa* - a multipurpose woody medicinal plant. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 21, p. 129-136, 2018. DOI: 10.1007/s12892-018-0024-0.

HUSAIN, M. K.; ANIS, M.; SHAHZAD, A. Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Pterocarpus marsupium* Roxb. **Trees**, v. 24, p. 781-787, 2010. DOI: 10.1007/s00468-010-0448-3.

JASINSKI, S. et al. KNOX action in *Arabidopsis* is mediated by coordinate regulation of cytokinin and gibberellin activities. **Current Biology**, v. 15, n. 17, p. 1560-1565, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.07.023>.

JEYAKUMAR, J. J.; KAMARAJ, M.; THIRUVENGADAM, M. Efficient plant regeneration from petiole explants of West Indian gherkin (*Cucumis anguria* L.) via indirect organogenesis. **Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology**, v. 23, p. 307-315, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13562-013-0215-9>.

JUNIOR, T. F. B. et al. In vitro antitumor effects of aqueous extract and protease inhibitors from *Sterculia striata* St. Hil. et Naud and metabolite profiling. **Natural Product Research**, v. 39, n. 10, p. 2984-2989, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2302326>

KUMARI, Khushbu; YADAV, Suniti. Linear regression analysis study. **Journal of the practice of Cardiovascular Sciences**, v. 4, n. 1, p. 33-36, 2018.

LIMA, A. A. et al. Identificação anatômica de sementes florestais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 2, p. 349-355, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i2a1413>.

LIMA, J. A. et al. Efeito do 2,4-D e do ácido naftalenoacético na indução de calos e regeneração in vitro de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr. **Cerne**, v. 14, n. 2, p. 93-99, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602008000200002>.

LIMA, M. R. M. et al. Chemical composition and antioxidant activity of *Sterculia striata* St. Hil. & Naudin seed oil. **Food Chemistry**, v. 319, p. 126551, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126551>.

LOPES, R. M.; KUSTER, R. M. Plantas medicinais utilizadas na Amazônia: aspectos etnobotânicos e fitoquímicos. **Revista Fitos**, v. 13, n. 1, p. 39-50, 2019. DOI: <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2019.669>.

LOPES, W. F. et al. Cultivo in vitro de *Sterculia striata* A. St. Hil. & Naudin: efeito de reguladores vegetais na calogênese. **Anais do Congresso Nacional de Botânica**, v. 75, p. 122, 2024.

LUZ, J. M. Q. et al. Efeito de reguladores de crescimento na indução de calos em explantes de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 20, n. 3, p. 343-348, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29451998000300009>.

MACIEL, M. V. et al. *Sterculia striata* gum as an excipient for controlled release of diclofenac sodium tablets. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 79, p. 104208, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2022.104208>.

MAGALHÃES, H. M. et al. Efeito de luz e tipo de explante na calogênese de *Jatropha curcas* L. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1183-1190, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000700001>.

MENDONÇA, E. G. et al. Multiplicação in vitro de *Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*: efeito do tipo de explante e do regulador de crescimento BAP. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 877-885, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000600005>.

MELO, M. F. et al. Composição química e potencial antioxidante das folhas de *Sterculia striata*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 25, n. 1, p. 88-95, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-0572.2023.256>.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, n. 3, p. 473-497, 1962. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.

NASCIMENTO, D. C. et al. Produção e caracterização de calos friáveis em *Psidium guajava* L. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, p. e68824, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632021v5168824>.

NOGUEIRA, R. C.; NOGUEIRA, G. A. R. Efeito da luz e do tipo de explante na indução de calos em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 31-36, 2013. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v8i5.2172>.

OLIVEIRA, L. C. et al. Produção in vitro de compostos fenólicos em calos de *Baccharis dracunculifolia* DC. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 23, n. 1, p. 82-90, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-0572.2021.23.1.82>.

OLIVEIRA, M. I. et al. Propagação in vitro e caracterização de calos de *Piptadenia gonoacantha*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 655-662, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000400003>.

OLIVEIRA, P. C. et al. Propriedades estruturais e funcionais da goma de *Sterculia striata* (chichá). **Carbohydrate Polymers**, v. 254, p. 117427, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117427>.

PEREIRA, F. D. et al. Germinação e crescimento inicial de *Sterculia striata* A. St. Hil. & Naudin sob diferentes regimes de luz. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 2, p. e20210020, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2021-0020>.

PINHEIRO, L. F. et al. Estudo fitoquímico e atividade antioxidante de *Sterculia striata* (chichá-do-cerrado). **Revista Fitos**, v. 14, n. 3, p. 364-375, 2020. DOI: <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2020.1043>.

PITA, P. B. et al. Indução e crescimento de calos em explantes de folhas e hipocótilos de *Coffea arabica* L. **Coffee Science**, v. 13, n. 3, p. 379-388, 2018. Disponível em: <https://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/1522>. Acesso em: 17 fev. 2025.

RAI, M. K. et al. The role of auxins and cytokinins in somatic embryogenesis. **Plant Cell Reports**, v. 30, p. 2031-2045, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00299-011-1102-0>.

SANTOS, E. R. et al. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de *Sterculia striata* A. St. Hil. & Naudin sob diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, v. 16, n. 9, p. e091701, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.091701>.

SANTOS, L. F. et al. Germinação e armazenamento de sementes de *Sterculia striata* A. St. Hil. & Naudin. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 256-264, 2020. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.233>.

SOUZA, J. P. et al. Germinação e desenvolvimento inicial de *Sterculia striata* (chichá-do-cerrado) sob diferentes condições de substrato e luz. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 15-25, 2022. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509844879>.

SOUZA, T. L.; RIBEIRO, M. L.; COSTA, E. L. Caracterização morfológica e fitoquímica de espécies do gênero *Sterculia* L. **Revista Fitos**, v. 15, n. 2, p. 201-210, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32712/2446-4775.2021.732>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TEIXEIRA, S. P.; MACHADO, S. R. Comparative morphoanatomy of floral glands in *Sterculia* and *Heritiera* (Malvaceae, Sterculioideae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 3, p. 823-835, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40415-015-0213-3>.

WAHYUNI, S. et al. Morphological and anatomical characterization of callus from cacao (*Theobroma cacao* L.) explants under different auxin treatments. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 151, p. 127-136, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-022-02243-8>.

WANG, J; GUO, X. The Gompertz model and its applications in microbial growth and bioproduction kinetics: Past, present and future. **Biotechnology Advances**, v. 72, p. 108335, 2024.