



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO *DEL-REI*
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
CAMPUS SETE LAGOAS

JÉSSICA CAMPELO MARTINS DE MOURA

GERMINAÇÃO *IN VITRO* DA MACAÚBA(*ACROCOMIA ACULEATA*)
(JACQ .(LOOD) EX MART) EM DIFERENTES MEIOS DE CULTURA

Sete Lagoas, MG

2026

JÉSSICA CAMPELO MARTINS DE MOURA

**GERMINAÇÃO *IN VITRO* DA MACAÚBA(*ACROCOMIA ACULEATA*)
(JACQ .(LOOD) EX MART) EM DIFERENTES MEIOS DE CULTURA**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica

Orientador: Prof. José Carlos Morais Rufini

Coorientadora: Dra. Fernanda Ferreira Salgado

Sete Lagoas, MG

2026

JÉSSICA CAMPELO MARTINS DE MOURA

**GERMINAÇÃO *IN VITRO* DA MACAÚBA(*ACROCOMIA ACULEATA*)
(JACQ .(LOOD) EX MART) EM DIFERENTES MEIOS DE CULTURA**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de São João del-Rei, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica

Sete Lagoas, 14 de julho de 2026

Banca avaliadora:

Dr. José Carlos Moraes Rufini, Orientador — Universidade Federal de São João del- Rei

Gabriel Santos Alves — Universidade Federal de São João del-Rei

Ana Paula dos Santos Xavier Ferreira — Universidade Federal de São João del-Rei

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida por terem me guiado em todos os passos nessa jornada acadêmica.

Aos meus pais Márcio e Isaura pelo apoio, palavras de incentivos, pelo colo e por me proporcionarem os estudos e nunca terem duvidado de mim, quando eu mesma me sentia perdida.

Aos meus irmãos Lucas e Ramon, que mesmo sendo mais novos, me deram palavras de apoio e tornaram minha vida mais leve.

Aos meus amigos que fizeram parte de toda a minha vida acadêmica. Cada risada, cada lágrima derramada, cada abraço, cada incentivo e no fim com o apoio de vocês, cheguei a essa última etapa.

Ao meu orientador Rufini e a minha coorientadora Fernanda pela oportunidade dada para este projeto e todo o conhecimento passado nesses anos.

A Universidade Federal de São João del-Rei, por ter se tornado a minha segunda casa e guardarei com carinho todos os momentos vividos.

E por fim, a todos que de alguma maneira contribuíram para o meu sucesso acadêmico.

A todos vocês, o meu muito obrigada!

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Corte transversal do fruto da macaúba (<i>Acrocomia aculeata</i>)	11
Figura 2 – Taxa de germinação aos 30 dias.	12
Figura 3 – Teste ANOVA após 30 dias de experimento..	14
Figura 4 – Resultado dos experimentos após 30 dias.	14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 METODOLOGIA.....	10
2.1 Obtenção dos exemplares.....	10
2.2 Análises estatísticas.....	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4 CONCLUSÕES.....	15
5 REFERÊNCIAS	15

RESUMO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*), pertencente à família Arecaceae. É uma espécie nativa brasileira presente em todas as regiões, com destaque nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Tocantins e Ceará, sendo conhecida por outros nomes como bocaiúva, coco baboso, coco espinho e macaíba. É uma palmeira considerada rústica, por se adaptar aos mais diversos climas, visto que ocupa uma boa parte das Américas. Esta planta possui uma dificuldade para se propagar naturalmente, visto que seu período de dormência pode chegar até 1 ano, impossibilitando o seu uso industrial. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a germinação *in vitro* de macaúba em diferentes meios de cultura. Os frutos foram coletados em julho de 2025, e armazenados por aproximadamente um mês para secagem do mesocarpo, sendo o endocarpo removido mecanicamente com auxílio de uma morsa. As sementes foram desinfestadas em álcool 70% e hipoclorito de sódio 2%, seguidos de tríplice lavagem com água deionizada autoclavada. Os embriões foram extraídos em capela de fluxo laminar com bisturi e submetidos a uma segunda desinfestação com álcool 70% e hipoclorito de sódio 0,05%, sob agitação suave, seguida de nova tríplice lavagem. Em seguida, os exemplares foram colocados em placas de Petri contendo meio de cultura MS e Y3, durante 30 dias, em ambiente escuro e com temperatura média de 25°C. Os resultados demonstraram que o meio de cultura não interferiu no início da germinação, entretanto as sementes foram significativamente mais responsivas em comparação ao embrião, pois as sementes contam com maior reserva energética, o que pode ter contribuído para o seu melhor desenvolvimento.

Palavras-chave: Germinação *in vitro*. *Acrocomia aculeata*. Quebra de Dormência.

ABSTRACT

Macaúba (*Acrocomia aculeata*) belongs to the Arecaceae family. It is a native Brazilian species found in all regions of the country—most notably in the states of Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Piauí, Tocantins, and Ceará—and is known by various common names such as bocaiúva, coco baboso, coco espinho, and macaíba. It is considered a hardy palm due to its adaptability to diverse climates, as it is distributed across a large part of the Americas. However, the plant faces challenges regarding natural propagation; its dormancy period can last up to a year, which hinders its industrial use. This study aimed to evaluate the *in vitro* germination of macaúba using different culture media. Fruits were collected in July 2025 and stored for approximately one month to allow the mesocarp to dry; the endocarp was then mechanically removed using a bench vise. Seeds were surface-sterilized using 70% alcohol and 2% sodium hypochlorite, followed by three rinses with autoclaved deionized water. Embryos were extracted inside a laminar flow hood using a scalpel and subjected to a second sterilization step with 70% alcohol and 0.05% sodium hypochlorite under gentle agitation, followed by another three rinses. Subsequently, the samples were placed in Petri dishes containing MS and Y3 culture media and incubated for 30 days in the dark at an average temperature of 25°C. The results showed that the type of culture medium did not affect the onset of germination; however, seeds were significantly more responsive than isolated embryos, likely because seeds possess greater energy reserves, which may have contributed to their superior development.

Key words: *In Vitro* Germination. *Acrocomia aculeata*. Breaking Dormancy

1. INTRODUÇÃO

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é uma espécie de palmeira nativa brasileira da família Aceraceae, que pode ser encontrada em quase todo o território nacional, sendo conhecida por outros nomes como bocaiúva, coco baboso, macaíba e coco espinho; devido à presença de grandes espinhos em suas folhas. Pode alcançar facilmente 25m de altura e suas folhas podem chegar até 5 metros. É uma planta de característica perene, necessitando de pouca água, o que favorece a sua adaptação aos mais diversos climas e solos. (EMBRAPA, 2021)

Sua frutificação se dá por cachos, pesando até 60kg, e seus frutos servem de alimento para diversos animais como araras, cutias, antas, emas dentre outros. A macaúba vem ganhando destaque devido ao seu grande potencial econômico na produção de biocombustível que é justificado pela alta produção de óleo. Além disso também é utilizada na alimentação humana e animal, em artesanato; na indústria de cosméticos, sendo utilizado na produção de pães, sorvetes, redes de pesca e sabonetes (CERRATINGA, 2023).

O fruto da macaúba é composto por: embrião, endosperma que é o tecido que possui os nutrientes necessários para o desenvolvimento do embrião, endocarpo lenhoso que é a principal barreira física para a germinação pois impede a entrada de água e oxigênio que são essenciais para o desencadeamento das reações químicas para a germinação.

A propagação da macaúba se dá principalmente via semínifera, que dá origem a plantas desuniformes e com grande variabilidade genética, uma barreira para a expansão de pomares comerciais. O que tem refletido no incremento de novos estudos sobre a propagação vegetativa da espécie, incluindo a micropropagação vegetal.

A cultura de tecidos vegetais é uma técnica amplamente utilizada na agricultura, seja para a multiplicação da espécie desejada em um menor espaço de tempo ou de culturas que possuem uma dificuldade natural de propagação, como é o caso da macaúba e de várias espécies do cerrado. (FERREIRA ET.AL 1998). Essa técnica além de ser uma alternativa rápida para a aceleração da germinação, permite a seleção genética para obter exemplares que futuramente podem germinar naturalmente com menor intervalo de tempo (GRATTAPAGLIA; MACHADO, 1998).

Estudos que foram realizados com a germinação *in vitro* da macaúba mostram que a germinação natural é lenta e ocorre geralmente de forma irregular, perdendo a capacidade de germinação rapidamente, devido a desidratação Meerow (1991). Segundo Tomlison (1990),

mesmo com condições favoráveis, as sementes não conseguem germinar, devido às barreiras físicas. Com o objetivo de reduzir esse tempo e homogeneizar a taxa de germinação, estudos feitos por Soares et al. (2008), avaliaram a diferença de concentração de sais em meios de cultura MS e Y3 (EEUWENS, 1976), desses embriões, para acelerar a germinação e obter exemplares na mesma faixa de crescimento, sendo necessário fazer a comparação desses ensaios (BRUM, 2001)

Para acelerar a germinação, é necessário romper essa barreira física de maneira mecânica, como a quebra do fruto, escarificação, tratamento térmico, imersão em água ou secagem natural, acelerando assim o processo de germinação. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar a germinação *in vitro* de macaúba em diferentes meios de cultura.

2. METODOLOGIA

Os frutos da macaúba utilizados neste experimento foram colhidos na Universidade Federal de São João del Rei Campus Sete Lagoas, localizado em Sete Lagoas, MG, em julho de 2025. Logo em seguida foram armazenados no laboratório de Micropropagação Vegetal da UFSJ-CSL por cerca de 1 mês para a secagem do mesocarpo. Após esse período, foi feita a retirada de forma mecânica desses frutos com a morsa.

2.1 Obtenção dos exemplares

Foram preparados dois meios de cultura para o crescimento de sementes e embriões, com o objetivo de comparar o tempo de germinação entre ambos. Foram utilizadas 32 unidades, divididas em dois grupos iguais: o primeiro composto por sementes com endosperma e o segundo composto apenas pelos embriões, sem o endosperma

Para a retirada dos embriões, primeiro houve a assepsia das sementes, sendo imersas com álcool 70% por um minuto e em seguida com hipoclorito de sódio 2% por cerca de 10 minutos, seguida de tríplice lavagem com água deionizada autoclavada. Posteriormente, com um auxílio de um bisturi os embriões foram retirados das sementes, em capela de fluxo laminar, passando novamente por um processo de desinfestação, com a solução de álcool 70% por um minuto e logo em seguida colocados em solução de hipoclorito de sódio a 0,05% por dez minutos, sendo agitados suavemente para não comprometer a sua estrutura, passando novamente pela tríplice lavagem.

Os embriões e as sementes foram colocados em dois meios de cultura para se realizar os testes de melhor resposta para a germinação, sendo eles: 1º meio: MS sais e vitaminas (Murashige & Skoog, 1962) com 4,4 mg/L de sais, 30 g/L de sacarose, 2mg/L de glicina, 100 mg/L mio-inositol, 5,5g/L de ágar e pH ajustado para 5,8; e o 2º meio: Y3 (Eeuwens., 1976), carvão ativado 3g/L, caseína hidrolisada 0,5 g/L, tiamina 0,5 mg/L, ácido nicotínico 0,5 mg/L, piridoxina 1 mg/L, 30 g/L de sacarose, 2mg/L de glicina, 100 mg/L mio-inositol, 5,5g/L de ágar e pH ajustado para 5,8.

Os embriões e as sementes foram inoculados em meio de cultura utilizando placas de Petri estéreis. O experimento foi mantido em ambiente escuro com a temperatura média de 25°C, por um período de 30 dias a fim de comparar a taxa de germinação entre meios de cultura e sementes com e sem endosperma (Figura 1). Foram analisados aspectos visuais como desenvolvimento da plântula, contaminação por fungos. Também foi realizado o teste de variância ANOVA, para comparar os efeitos de crescimento do meio.

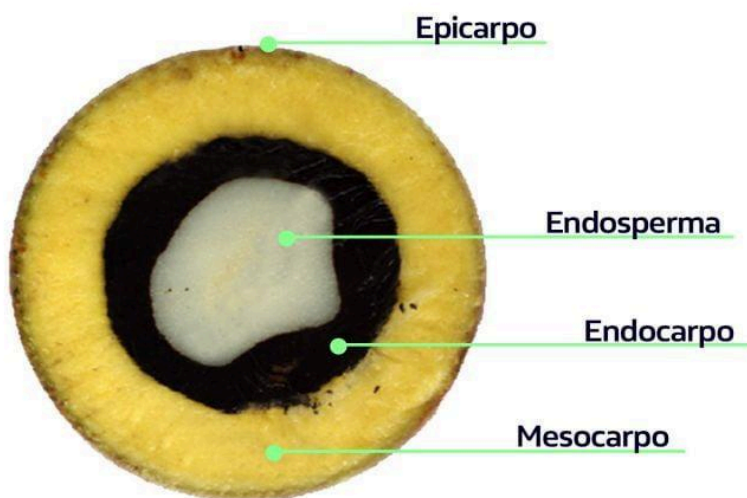


Figura 1 – Corte transversal do fruto da macaúba (*Acrocomia aculeata*).

Fonte: Abreu (2021).

2.2. Análises estatísticas

Para comparar os efeitos de crescimento entre os meios e as sementes com e sem endosperma, foi realizado o teste de variância ANOVA bifatorial. Já os testes para pressuposto entre a homogeneidade e normalidade foram realizados através dos testes de

Levene e Shapiro-Wilk respectivamente. As médias estimadas, junto com os seus erros padrões e intervalos de confiança de 95% foram analisadas para interpretar os resultados observados. As análises foram feitas com o software IBM SPSS Statistics, adotando-se o nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para rejeição da hipótese de nulidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos após 30 dias de experimento demonstram que a escolha do meio de cultura (MS ou Y3) não exerceu influência estatisticamente significativa sobre a taxa de germinação da macaúba (*Acrocomia aculeata*), independentemente do tipo de sementes utilizado (com ou sem endosperma) utilizado (Figura 2A). Este achado corrobora estudos anteriores, como os de Bandeira et al. (2013), que observaram que, embora o meio MS possa promover resultados ligeiramente superiores em alguns contextos de crescimento inicial, a resposta germinativa básica de embriões zigóticos maduros tende a ser similar entre formulações ricas em macronutrientes, desde que as necessidades osmóticas e hormonais mínimas sejam atendidas. A literatura recente, sintetizada por Cavalcanti et al. (2026), reforça que tanto o meio MS quanto o Y3 são amplamente utilizados na micropropagação de palmeiras, sendo o Y3 frequentemente preferido em etapas de calogênese, enquanto o MS demonstra eficácia consolidada na germinação e conversão de embriões em plântulas.

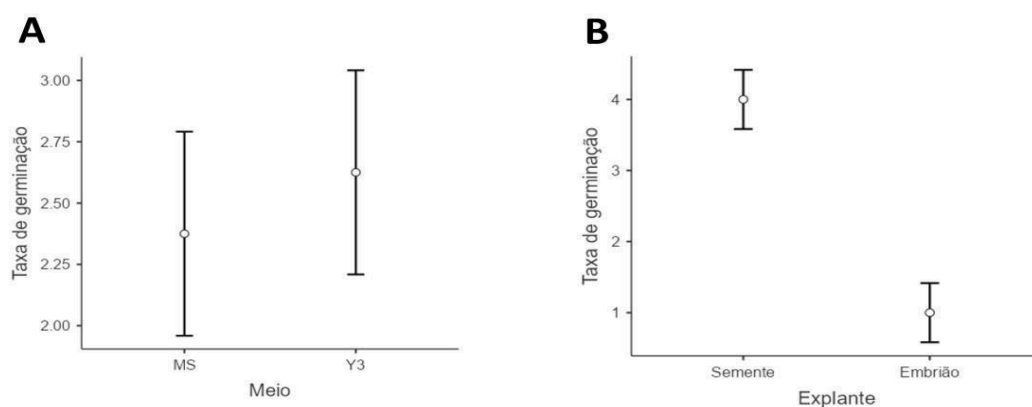


Figura 2 - Taxa de germinação aos 30 dias, (A) taxa de germinação entre os meios MS e Y3 e (B) taxa de germinação utilizando diferentes sementes e embriões com e sem endosperma.

Em contraste, a comparação entre os tipos de semente com e sem endosperma revelou uma diferença marcante: o grupo das sementes (com endosperma) apresentou uma taxa de sucesso significativamente superior à dos embriões isolados (Figura 2B). Esta observação é fundamentada pela complexa fisiologia de reserva das palmeiras. Conforme descrito por Ribeiro et al. (2016), o endosperma da macaúba não é apenas uma barreira física, mas um reservatório vital de carboidratos, lipídios e proteínas. Durante a germinação, o cotilédone se transforma em um haustório, uma estrutura especializada que atua na interface entre o embrião e o endosperma, coordenando a hidrólise e a translocação de nutrientes essenciais para o eixo embrionário.

As reservas das sementes têm ligações diretas com a manutenção do embrião e a formação da plântula até que ela tenha desenvolvido um sistema radicular capaz de extrair os nutrientes do solo. Essas reservas nutricionais, como carboidratos, lipídios e proteínas além de servir de reserva energética, também auxilia na formação física das células. (Buckeridge et al. 2004).

A remoção do endosperma (Figura 3 C e D), embora necessária para superar a dormência física, no caso dos embriões isolados, resultou na perda dessa fonte crucial de nutrientes e de sinalização hormonal, levando a uma resposta lenta ou ausente. Além da perda de reservas, a falha na germinação dos embriões isolados pode ser atribuída ao efeito fitotóxico do hipoclorito de sódio (NaClO) em contato direto com o tecido embrionário.

A Análise de Variância (ANOVA) corrobora com os dados mencionados acima. Foram avaliados o meio, o explante e o meio x explante. O explante teve efeito altamente significativo ($p < 0,001$). Isso significa que o tipo de explante com o endosperma influencia fortemente a variável resposta.

ANOVA - Taxa de germinação

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado médio	F	p
Meio	0.250	1	0.250	0.857	0.373
Explante	36.000	1	36.000	123.429	<.001
Meio * Explante	0.250	1	0.250	0.857	0.373
Resíduos	3.500	12	0.292		

Figura 3 - Teste ANOVA após 30 dias de experimento.

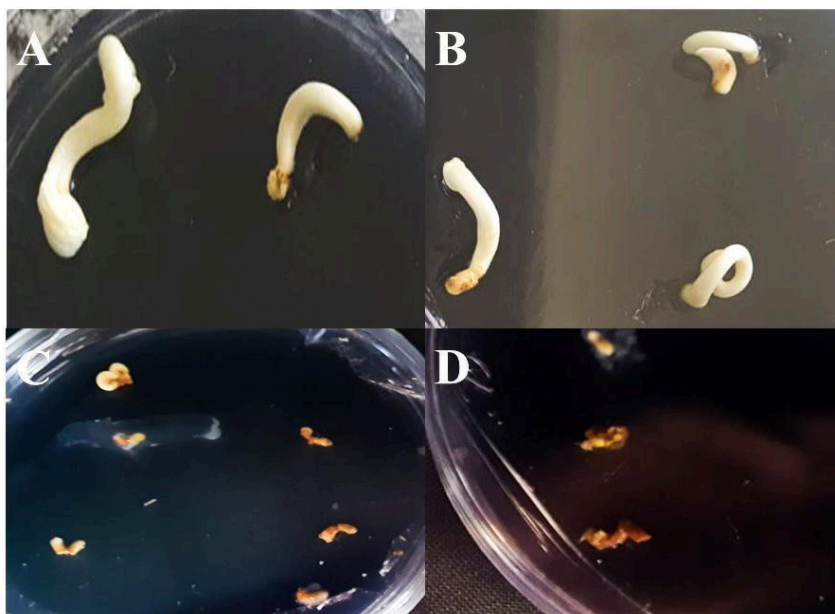


Figura 4 - Embriões de macaúba após 30 dias.

Legenda: A: Semente em meio MS; B: Semente em meio Y3; C: Meio MS com embrião sem endosperma; D: Meio Y3 com embrião sem endosperma.

Embora o NaClO seja um agente desinfestante comum em cultura de tecidos, sua ação oxidante é altamente agressiva para tecidos desprotegidos. Conforme destacam Quynh et al. (2022), o uso de hipoclorito em embriões zigóticos de palmeiras requer um equilíbrio extremamente delicado entre a eliminação de contaminantes e a preservação da integridade celular.

Portanto, a maior taxa de germinação nas sementes sugere que, embora o cultivo *in vitro* de embriões zigóticos seja uma técnica eficaz para superar a dormência física imposta pelo endosperma lignificado, a manutenção da integridade da semente (embrião + endosperma) otimiza o vigor e o sucesso do estabelecimento *in vitro*, aproveitando a sinergia natural entre o haustório e as reservas endospermais. Estes resultados indicam que, para protocolos de produção em larga escala, o uso de sementes escarificadas ou com endosperma removido pode ser mais vantajoso do que o isolamento completo do embrião, reduzindo o estresse mecânico e nutricional.

4. CONCLUSÃO

Com esse experimento, podemos concluir: A composição dos meios de cultura utilizados para o crescimento *in vitro* não teve resposta quanto ao processo de germinação da macaúba.

O tipo de semente com ou sem endosperma é o fator decisivo para a germinação da macaúba, sendo as sementes com endosperma a condição ideal para se obter eficiência durante o processo de estabelecimento da macaúba *in vitro*. Pode ser levado em consideração que as sementes juntamente com o meio de cultura podem ter proporcionado uma maior reserva de energia, assim facilitando o crescimento e maior vigor da plântula.

5. REFERÊNCIAS

ABREU, Ana Carolina. Macaúba: o que é e para que serve? Syngenta Digital Blog, 15 out. 2021. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/macaua/>. Acesso em: 10 jul. 2026.

ANDRADE, Solange Rocha Monteiro de. Princípios da cultura de tecidos vegetais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 16 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 58). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/546466/1/doc58.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2026.

BANDEIRA, F. S. et al. Germinação *in vitro* de embriões zigóticos maduros de macaúba influenciada por temperaturas de armazenamento dos frutos e concentrações de sacarose. Revista Árvore, v. 37, n. 5, p. 821-829, 2013.

BUCKERIDGE, M. S. et al. Tipos de substâncias de reserva. In: Metabolismo da Germinação. [S. l.], 2004. Disponível em: <http://www.ledson.ufla.br/metabolismo-da-germinacao/mobilizacao-de-reservas/tipos-de-substancias-de-reserva/>. Acesso em: 3 jun. 2026.

BRUM, G.R. Micropropagação da figueira (*Ficus carica* L.) Roxo de Valinhos. 2001. 41 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

CAVALCANTI, V. P. et al. Macaw Palm Propagation Strategies: Advances, Gaps, and Future Directions for a Promising Oleaginous Crop—A Review. Plants, v. 15, n. 3, p. 488, 2026.

CERRATINGA. Macaúba. Disponível em: <https://www.cerratinga.org.br/especies/macauuba/>. Acesso em: 13 mai.. 2026.

FERREIRA, M. A .; CALDAS, L. S.; PEREIRA, E. A . Aplicações da cultura dos tecidos no melhoramento genético de plantas. In: TORRES, A . C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A . Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: Embrapa SPI: Embrapa CNPH, 1998. v. 1, p. 21-43.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPH, 1998. v.1, p.43-76

LOPES, Maurício Antônio; FAVARO, Simone Palma. Macaúba, uma palmeira nativa na bioeconomia. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1137697/1/Macau769ba-uma-palmeira-nativa-na-bioeconomia-2021.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2026.

RIBEIRO, L. M. et al. Roles of the haustorium and endosperm during the development of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae) seedlings. *Trees*, v. 30, n. 3, p. 851-863, 2016.

QUYNH, T. P. et al. Effect of calcium hypochlorite on surface sterilization and seedling growth of Vietnamese coconut varieties. *Vietnam Journal of Biotechnology*, v. 20, n. 2, p. 285-294, 2022.



Universidade Federal
de São João del-Rei

ANEXO A

Termo de autorização para publicação no Repositório Institucional da UFSJ

Eu Jéssica Campelo Martins de Moura, RG 19.578.730

Org. Exp. SSP MG, CPF 136.450.096-55, e-mail jessicammoura@aluno.ufsj.edu.br, telefone (31) 99512-8122, na qualidade de titular dos direitos de autor que recaem sobre minha produção:

(☒) trabalho de conclusão de curso (☐) dissertação de mestrado (☐) tese de doutorado

(☐) _____ (outro)

Título: **GERMINAÇÃO *IN VITRO* DA MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) (JACO .(LOOD) EX MART) EM DIFERENTES MEIOS DE CULTURA** defendida em: 14/07/2026, no programa de (x) Graduação (☐) Pós-Graduação em Engenharia Agrônômica, com fundamento nas disposições sobre direitos autorais (Lei nº 9.610 de 19 de fevereiro de 1998), autorizo a Universidade Federal de São João del-Rei a disponibilizar gratuitamente a obra citada, sem ressarcimento de direitos autorais, para fins de leitura e impressão, a título de divulgação da produção científica gerada pela universidade, a partir desta data. Autorizo a liberação:

(☒) Total (☐) Parcial (serão disponibilizados apenas resumo, palavras-chave, e os dados: autor, título, membros da banca examinadora, data de defesa, entre outros).

Motivo: _____.

Obs.:

- No caso de liberação parcial, a dissertação/tese impressa não poderá ser consultada no acervo.

- Estou ciente que, em caso de liberação parcial, o documento será mantido nesta opção durante 1 (um) ano a partir da data de autorização da publicação. Para ampliação deste prazo, devo manifestar-me junto a Dibib/UFSJ. Para liberação antes do prazo estipulado, formalizarei a autorização. Se não houver manifestação, o texto completo da dissertação/tese será liberado em sua totalidade e a versão impressa será disponibilizada para consulta.
- O conteúdo disponibilizado é de minha inteira responsabilidade.

Sete Lagoas, MG, 14 de julho de 2026.

Documento assinado digitalmente
 JESSICA CAMPELO MARTINS DE MOURA
Data: 17/07/2026 13:30:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor