

DESEMPENHO GERMINATIVO DE SEMENTES DE *Copaifera langsdorffii* DESF. SUBMETIDAS A DIFERENTES TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS

GERMINATIVE PERFORMANCE OF *Copaifera langsdorffii* Desf. SEEDS SUBMITTED TO DIFFERENT PRE-GERMINATION TREATMENTS

COMPORTAMIENTO GERMINATIVO DE SEMILLAS DE *Copaifera langsdorffii* Desf. SOMETIDAS A DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS

Sirlei Fragata Sousa¹, Vanessa Moura Santos², Josiani Velho de Oliveira³, Fabio Junio Ribeiro⁴, Ernestina Noronha de Lima Sousa⁵, Laura Letícia Monteiro Catelan⁶, Andressa Juliana da Silva⁷, Valvenarg Pereira da Silva⁸, Luciene Castuera de Oliveira⁹, Joari Costa de Arruda¹⁰

DOI: 10.54899/dcs.v23i94.6705

Recibido: 20/08/2026 | **Aceptado:** 21/08/2026 | **Publicación en línea:** 04/09/2026.

RESUMO

O estudo avaliou a eficiência de técnicas não convencionais de superação de dormência em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba), comparando-as ao uso do ácido giberélico (GA3). Foram utilizadas 600 sementes coletadas em Porto Estrela, MT, sob delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (GA3, imersão em água, semeadura em areia, substrato misto ao sol, escarificação térmica e controle) e quatro repetições de 25 sementes. A emergência foi monitorada por 120 dias, calculando-se Porcentagem de Emergência (PE), Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo Médio de Emergência (TME) e técnicas multivariadas (Jaccard, UPGMA, PCoA). Das 600 sementes, 295 emergiram (49%). A semeadura direta em areia destacou-se como mais eficiente (72% de emergência, TME de 39,64 dias, IVE de 0,48), superando o GA3 (50%) e o substrato misto ao sol pleno, de menor desempenho (29%).

¹ Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Vila Rica, Mato Grosso, Brasil. E-mail: sirlei.fragata.sousa@unemat.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-2113-8517>

² Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Vila Rica, Mato Grosso, Brasil. E-mail: vanessa.moura@unemat.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-1916-1528>

³ Graduanda em Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso, Vila Rica, Mato Grosso, Brasil. E-mail: velho.josiani@unemat.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-5452-8966>

⁴ Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: fabio.ribeiro1@unemat.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2932-2259>

⁵ Especialista em Educação: Ensino de Ciências e Matemática, Universidade do Estado de Mato Grosso, Vila Rica, Mato Grosso, Brasil. E-mail: ernestina.noronha@unemat.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-8507-4891>

⁶ Especialista em Arte Educação e Terapia, Centro Universitário Nelson Akiyoshi, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: laura.catelan@edu.mt.gov.br Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-8867-7457>

⁷ Especialista em Enfermagem em Oncologia, Faculdade de Venda Nova do Imigrante, Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo, Brasil. E-mail: andressa.juliana@ifmt.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6233-3706>

⁸ Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: valvenarg.silva@ifmt.edu.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8450-3016>

⁹ Doutora em Ecologia e Conservação, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina, Mato Grosso, Brasil. E-mail: lucienecastuera@unemat.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0936-6730>

¹⁰ Pós-doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. E-mail: arruda.joari@unemat.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8813-983X>

Conclui-se que técnicas físicas e mecânicas não convencionais superaram os reguladores de crescimento vegetal na quebra da dormência tegumentar de *C. langsdorffii*.

Palavras-chave: Dormência Tegumentar. Germinação. Escarificação. Ácido Giberélico. Espécie Nativa do Cerrado.

ABSTRACT

This study evaluated the efficiency of non-conventional dormancy-breaking techniques in *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba) seeds, compared with gibberellic acid (GA3). A total of 600 seeds collected in Porto Estrela, MT, were used in a completely randomized design with six treatments (GA3, water immersion, sand sowing, mixed substrate under sun, thermal scarification, and control) and four replicates of 25 seeds. Emergence was monitored for 120 days, calculating Emergence Percentage (EP), Emergence Speed Index (ESI) and Mean Emergence Time (MET) and multivariate techniques (Jaccard, UPGMA, PCoA). Of the 600 seeds, 295 emerged (49%). Direct sand sowing stood out as most efficient (72% emergence, MET of 39.64 days, ESI of 0.48), outperforming GA3 (50%) and the mixed soil substrate under full sun, which had the lowest performance (29%). Non-conventional physical and mechanical techniques outperformed plant growth regulators in breaking seed coat dormancy of *C. langsdorffii*.

Keywords: Seed Coat Dormancy. Germination. Scarification. Gibberellic Acid. Native Cerrado Species.

RESUMEN

Este estudio evaluó la eficiencia de técnicas no convencionales para romper la latencia en semillas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba), en comparación con el ácido giberélico (GA3). Se utilizaron 600 semillas recolectadas en Porto Estrela (MT) bajo un diseño completamente al azar con seis tratamientos (GA3, inmersión en agua, siembra en arena, sustrato mixto a plena exposición solar, escarificación térmica y control) y cuatro repeticiones de 25 semillas. Se monitoreó la emergencia durante 120 días, calculando el Porcentaje de Emergencia (PE), el Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) y el Tiempo Medio de Emergencia (TME), además de aplicar técnicas multivariantes (Jaccard, UPGMA, PCoA). De las 600 semillas, 295 emergieron (49%). La siembra directa en arena destacó como la técnica más eficiente (72% de emergencia, TME de 39,64 días, IVE de 0,48), superando al GA3 (50%) y al sustrato mixto a plena exposición solar, que presentó el rendimiento más bajo (29%). Las técnicas físicas y mecánicas no convencionales superaron a los reguladores del crecimiento vegetal en la ruptura de la latencia tegumentaria de las semillas de *C. langsdorffii*.

Palabras clave: Latencia Tegumentaria. Germinación. Escarificación. Ácido Giberélico. Especie Nativa del Cerrado.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se mundialmente por sua megadiversidade, sendo reconhecido como uma das principais potências em recursos naturais do planeta. Sua vasta riqueza biológica distribui-se por seis grandes biomas Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa. Essa ampla extensão e heterogeneidade ambiental criam as condições ideais para o abrigo e o endemismo de inúmeras espécies (Mittermeier *et al.*, 2005).

Essa megabiodiversidade, colide com o avanço da degradação ambiental, visto que as áreas do Cerrado como um todo, inclusive as matas da região, têm sofrido profundas transformações de natureza antrópica, apresentando crescente processo de degradação (Ratter, *et al.*, 1997). Em que o uso inadequado dos ecossistemas gera graves danos ambientais e alterações climáticas que preocupam os pesquisadores. Para reverter esse cenário de desmatamento desordenado, torna-se urgente a implementação de soluções integradas, tais como políticas de conservação eficazes, educação ambiental, incentivos a práticas sustentáveis, expansão de áreas protegidas e o fortalecimento da pesquisa científica contínua.

De acordo com Brandon *et al.* (2005), o Cerrado se destaca entre os biomas tropicais por sua expressiva biodiversidade, com especial ênfase na flora. Essa riqueza botânica está intimamente moldada pelo seu regime climático, caracterizado por duas estações bem definidas: uma chuvosa (outubro a março) e outra severamente seca (abril a setembro).

Essa sazonalidade hídrica atua como um regulador ecológico que molda a distribuição e a morfologia da vegetação, originando desde formações campestres abertas até florestas densas que chegam a 30 metros de altura (Eiten, 1972; Ribeiro & Walter, 2008). Nas fitofisionomias mais típicas e predominantemente savânicas, a necessidade de suportar a seca prolongada e o estresse hídrico reflete-se em adaptações morfológicas marcantes, como porte baixo, troncos e arbustos tortuosos e cascas grossas com abundante cortiça (Ribeiro & Walter, 2008). Como estratégia de sobrevivência frente às variações climáticas e ao déficit hídrico do solo, muitas espécies arbóreas do bioma apresentam germinação lenta e baixas taxas de emergência de plântulas (Eiten, 1972).

Inserida nesse contexto de ampla variação fitofisionômica, destaca a *Copaifera langsdorffii* (copaíba) é uma árvore da família Fabaceae, que pode variar de 10 a 30 metros de altura aproximadamente, com ampla distribuição nas florestas tropicais e subtropicais da América do Sul. Presente na Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. Além de atrair polinizadores

e dispersores da fauna local, a espécie possui forte valor socioeconômico através da extração sustentável de seu óleo-resina, amplamente utilizado nas indústrias farmacêutica e de cosméticos (Costa, 2026).

A madeira é utilizada como fonte de energia renovável e em carpintaria e construção, enquanto os frutos são consumidos por animais silvestres (Carvalho, 2008). Diante desses benefícios, esta espécie enfrenta diversos desafios, como a exploração predatória (Carvalho, 2008), a concorrência com outras plantas exóticas e o desmatamento (Klink & Machado, 2005), que podem ocasionar a vulnerabilidade ecológica da espécie (Carvalho, 2008). Portanto, por seu alto valor funcional, esta árvore precisa ser conservada para que haja contribuição na manutenção da biodiversidade nos biomas, especialmente o Cerrado (Klink & Machado, 2005).

Do ponto de vista morfológico, os frutos de *C. langsdorffii* são legumes secos que se abrem no amadurecimento para expor uma semente única, ovoide e escura, com grande diferencial adaptativo dessa semente é a presença de um arilo carnoso amarelo-alaranjado e rico em lipídeos; essa estrutura recobre parcialmente a semente e funciona como atrativo visual e nutritivo para aves frugívoras e formigas, os principais agentes dispersores da espécie no ecossistema (Souza *et al.*, 2015).

No aspecto morfológico, a semente da copaíba é classificada como exalbuminosa, que apresenta casca externa (testa) é rígida, impermeável e lisa, caracterizada macroscopicamente por sua coloração negra intensa. A base da semente é envolvida por um arilo cupuliforme de consistência cerosa e cor alaranjada, cuja remoção natural pelos animais dispersores (como o sabiá) ou por tratamentos de escarificação acelera significativamente o seu processo de germinação. Souza *et al.* (2015), pondera que a superação da dormência tegumentar constitui um fator crítico para a germinação.

Para estimular a germinação das sementes, Carvalho (2008) descreve que é necessária a ativação enzimática, processo no qual o tegumento da semente é rompido, permitindo que a radícula emerge da semente e comece a crescer, sendo que a germinação é um artifício fisiológico complexo que se inicia com a entrada de água na semente quiescente e termina com a emergência de parte do eixo embrionário de dentro dos envoltórios seminais.

Segundo Pereira *et al.*, (2009), a testa das sementes protege-as contra patógenos e danos físicos, controlando a perda de água e a entrada de oxigênio, de modo a garantir boa qualidade de germinação. Ainda de acordo com os autores “a testa é constituída por uma camada externa de células epidérmicas esclerificadas, coberta por uma cutícula, que protege contra patógenos e

danos físicos, fornece suporte e proteção à semente, e por camadas de células parenquimáticas com paredes bastante espessas”.

De acordo com Pedroni *et al.* (2002), a fenologia das plantas também pode ser influenciada por fatores próximos e fatores finais. Esses fatores próximos geralmente são abióticos, como precipitação (Opler *et al.*, 1976), estresse hídrico (Borchert, 1980; Reich & Borchert, 1984), irradiação (Wright, 1994) e fotoperíodo (Rivera & Borchert, 2001), enquanto fatores finais estão relacionados às condições bióticas que incluem a reprodução cruzada entre indivíduos e a abundância de polinizadores (Augspurger, 1982), dispersores (Snow, 1965) e predadores de sementes (Janzen, 1971); tais fatores agem em conjunto no processo germinativo.

Dessa forma, para garantir uniformidade nas germinações, assegurar a sobrevivência e influenciar a qualidade das plântulas, são adotados mecanismos que induzem a germinação: os métodos de quebra de dormência, dentre eles os não convencionais, por serem econômicos e acessíveis, além de proporcionarem uma ação rápida na emergência das sementes (Gomes & Silva, 2004), com resultados satisfatórios em plantas da família Fabaceae.

Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o desempenho germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos, convencionais e não convencionais, visando identificar o método mais eficiente para a superação da dormência tegumentar e a uniformização da emergência das plântulas.

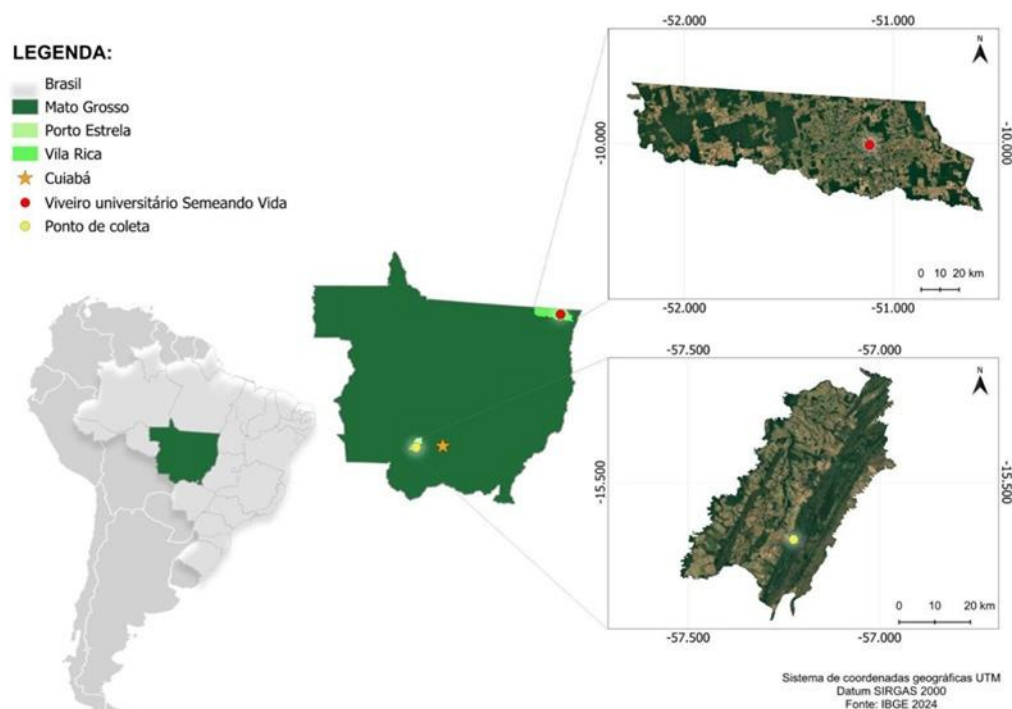
METODOLOGIA

Área de Estudo

As coletas de sementes foram realizadas no município de Porto Estrela, Mato Grosso, na comunidade Salobra Grande (Figura 1) (15°38'59.59"S; 57°13'28.84"O), localizada a aproximadamente 198 km de Cuiabá. A região insere-se no Brasil Central e apresenta mosaico de formações típicas do Cerrado, incluindo campo limpo, campo sujo, cerrado sensu stricto, cerradão e florestas de galeria (Eiten, 1972; Santos-Filho & Silva, 2002). O clima é tropical subúmido, com estação chuvosa concentrada no verão e estação seca no inverno, precipitação média anual de cerca de 1.450 mm e temperatura média de 25,7 °C (Alvares *et al.*, 2013).

Figura 1

Localização da área de coleta e local de desenvolvimento da pesquisa.



O campo experimental da pesquisa, como mostra a Figura 1, foi desenvolvido no viveiro universitário "Semeando Vidas", localizado na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus de Vila Rica — MT. A escolha do viveiro como local de suporte para esta pesquisa justifica-se pela viabilidade logística, visto que é a cidade de residência da pesquisadora.

Métodos

Foram coletadas sementes de diferentes matrizes de *C. langsdorffii*, mantendo-se distância mínima de 100 metros entre indivíduos para evitar parentesco genético (Davide *et al.*, 1995). Após triagem, foram selecionadas 600 sementes íntegras, descartando-se aquelas com imperfeições ou danos mecânicos.

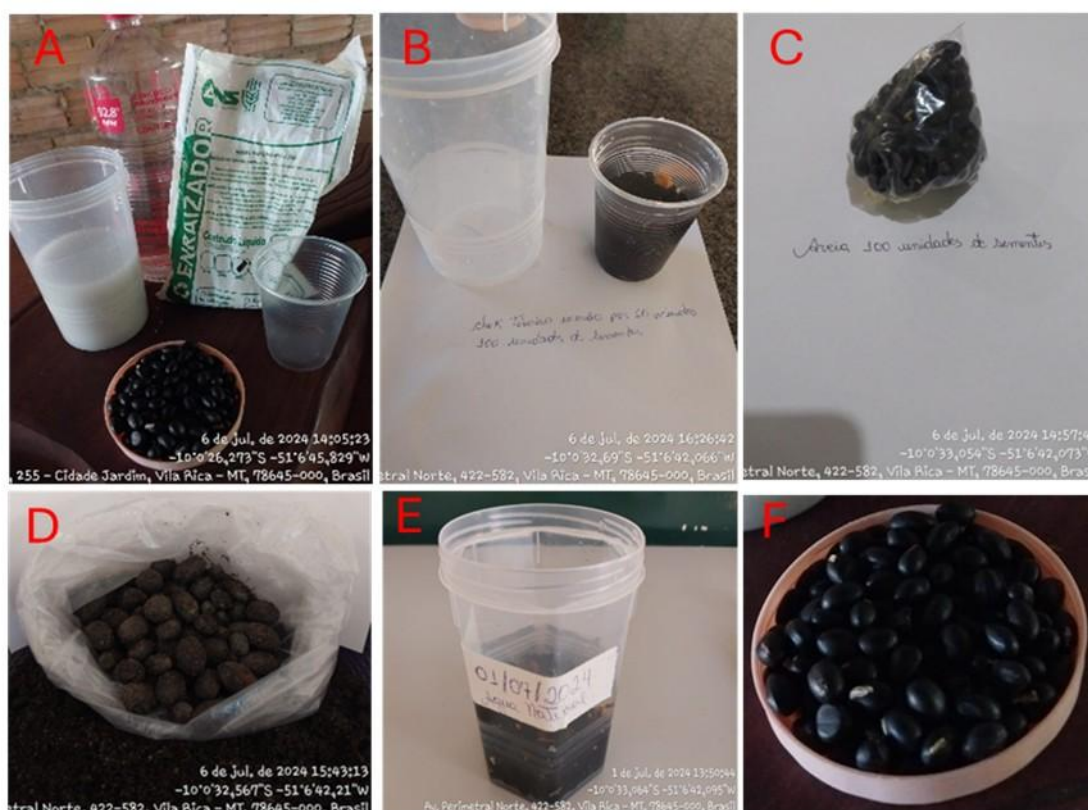
Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições de 25 sementes cada, totalizando 100 sementes por tratamento. As sementes foram semeadas de forma aleatória.

Em seguida, as sementes foram submetidas a seis tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) (Figura 2), cada um com 100 sementes e quatro repetições (R1, R2, R3 e R4), contendo 25

sementes cada, semeadas de forma aleatória.

Figura 2

Tratamento usado. A — T1: ácido giberélico (GA3) por 2 h; B — T2: embebição em água por 120 h. C — T3: semeadura direta (areia lavada); D — T4: substrato tripartido sob sol pleno por 120 h. E — T5: escarificação térmica (80 °C) e resfriamento. F — T6: controle (semeadura direta).



Tratamento 1 — ácido giberélico (GA3) (T1): as sementes foram imersas em solução líquida contendo 2.000 ppm de GA3 por 2 horas, preparada com 1 g de GA3 diluído em 500 mL (250 mL de água e 250 mL de álcool tratado), seguindo o protocolo de Oliveira et al. (2015). O uso de reguladores de crescimento como o GA3 tem sido amplamente estudado para superar a dormência em sementes florestais. Assis et al. (2020) observaram que a escarificação mecânica associada ao GA3 potencializou a emergência e o crescimento inicial de plântulas de *Duguetia lanceolata*, indicando que a giberelina atua na ativação metabólica e na aceleração da germinação.

Tratamento 2 — imersão em água (T2): as sementes permaneceram submersas em água potável à temperatura ambiente por 120 h (5 dias). Após esse período, as testas intumescidas se

rompem, tornando-se aptas para a sementeira (Labouriau, 1983; Santana & Ranal, 2004). A embebição prolongada em água favorece a hidratação dos tecidos e a ruptura da testa; Noleto *et al.* (2010) demonstraram que a remoção de barreiras estruturais aumenta a absorção de água e reduz substâncias inibitórias, favorecendo a germinação de sementes de copaíba.

Tratamento 3 — sementeira em areia (T3): as sementes foram semeadas em saquinhos preenchidos com areia lavada de construção. A areia tende a manter temperatura estável, em torno de 25 °C, até a fase de emergência (Davide *et al.*, 1995; Silva *et al.* 2024). Esse substrato proporciona boa drenagem e reduz a incidência de fungos. Guerra *et al.*, (2006) descreveram a morfologia e a germinação de sementes de copaíba em substratos arenosos, destacando condições adequadas para o desenvolvimento inicial.

Tratamento 4 — solo misto ao sol pleno (T4): foi preparada uma mistura de 1/3 de terra preta, 1/3 de areia e 1/3 de substrato comercial, umedecida com água e acondicionada em sacos transparentes, expostos ao sol pleno por 120 h (Labouriau, 1983; Santana & Ranal, 2004). A combinação de diferentes substratos busca equilibrar nutrientes, retenção de água e aeração. Rodrigues *et al.* (2007) verificaram que a luz e a procedência influenciam significativamente a germinação de sementes de copaíba, ressaltando que ambientes com maior luminosidade favorecem espécies heliófitas.

Tratamento 5 — infusão em água morna (T5): as sementes foram submersas em água a 80 °C por 10 minutos, seguida da adição de igual volume de água à temperatura ambiente, permanecendo por mais 10 minutos. A escarificação térmica rompe a dormência tegumentar. Medeiros (2022) destacou que a exposição a temperaturas elevadas aumenta a permeabilidade da testa, acelerando a germinação.

Tratamento 6 — controle (T6): o tratamento testemunha consistiu em plantar as sementes sem qualquer pré-tratamento, nos mesmos tipos de solo dos demais tratamentos. As sequências de plantio foram sorteadas aleatoriamente. O controle é fundamental para comparar a eficiência dos métodos aplicados. Eira *et al.* (1992) analisaram a viabilidade e a germinabilidade de sementes de copaíba armazenadas sem tratamento, verificando baixa taxa de emergência em comparação aos métodos pré-germinativos.

Após as sementeiras, os experimentos foram mantidos em viveiro com sombreamento de 70% por tela sombrite (Borges *et al.*, 1982; Rodrigues *et al.* 2007). Todos os tratamentos foram implementados no mesmo dia, com sementeira em saquinhos a uma profundidade de aproximadamente 0,5 cm (Figura 3). As parcelas foram irrigadas diariamente e avaliadas quanto

à emergência por um período de 120 dias.

Figura 3

Implantação do experimento. A- Semeadura; B- Delineamento; C- Término dos tratamentos.



Cada tratamento foi devidamente identificado por meio de placas de marcação, garantindo a organização e a rastreabilidade dos dados coletados. Para assegurar a confiabilidade dos resultados, foram realizadas quatro repetições por tratamento, distribuídas de forma sistemática (aleatória) nas parcelas experimentais. Essa padronização permitiu maior rigor científico, facilitando a comparação entre os diferentes tratamentos e reduzindo a influência de fatores externos sobre a emergência das plântulas.

O período de emergência foi monitorado diariamente por 120 dias (de 06/07/2024 a 03/11/2024), quando não se observou nenhuma nova emergência. As seguintes variáveis foram calculadas:

Porcentagem de Emergência (PE) — Equação 1, sugerida por Labouriau e Valadares (1976):

$$PE = \frac{N}{A} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

PE = porcentagem de emergência; N = número total de sementes emergidas; A = número total de sementes semeadas.

Índice de Velocidade de Emergência (IVE) — Equação 2, proposta por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \frac{G_3}{N_3} + \dots + \frac{G_n}{N_n} \quad (2)$$

Onde:

IVE = índice de velocidade de emergência; G = dias para as plântulas emergirem; N = número de plântulas emergidas no dia correspondente.

Tempo Médio de Emergência (TME) — Equação 3, de Labouriau (1983):

$$TME = \frac{\sum (N_i \times T_i)}{\sum N_i} \quad (3)$$

Onde:

TME = tempo médio de emergência (dias); Ni = número de sementes emergidas em cada contagem; Ti = tempo decorrido desde o início da emergência.

A similaridade entre os tratamentos foi avaliada por meio do coeficiente de Jaccard (Real & Vargas, 1996), utilizando-se o método de agrupamento hierárquico UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (Sneath & Sokal, 1973).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de 120 dias de observação, verificou-se que a germinação das sementes de *Copaifera langsdorffii* cessou aos 90 dias (04/10/2024), sem registro de novas emergências no período subsequente. Do total de 600 sementes semeadas, 295 emergiram, correspondendo a uma taxa geral de emergência de aproximadamente 49%.

Em relação ao tempo médio de emergência (TME), os tratamentos apresentaram duração distinta, organizados em ordem crescente da seguinte forma: T1 (ácido giberélico) 39,23 dias; T3 (areia) 39,64 dias; T4 (solo misto ao sol pleno) 41,45 dias; T5 (água a 80 °C) 42,65 dias; T6 (controle) 43,89 dias; T2 (imersão em água por 5 dias) — 46,54 dias.

Esses resultados demonstram que os tratamentos T1 e T3 foram os mais eficientes em acelerar a emergência, enquanto T2 apresentou maior lentidão, reforçando a influência direta dos

métodos pré-germinativos sobre a velocidade e o sucesso da germinação das sementes de copaíba.

Tabela 1

Resultados dos parâmetros germinativos por tratamento.

Tratamento	Emergidos	PE (%)	TME (dias)	IVE
T1 — Ácido GA ₃	50	50,00 ± 18,33	39,23 ± 4,77	0,35 ± 0,14
T2 — Imersão água 5 dias	32	32,00 ± 15,32	46,54 ± 4,50	0,19 ± 0,10
T3 — Areia	72	72,00 ± 12,65	39,64 ± 1,60	0,48 ± 0,08
T4 — Sol/solo 120 h	29	29,00 ± 20,43	41,45 ± 2,90	0,19 ± 0,13
T5 — Água 80 °C	59	59,00 ± 12,86	42,65 ± 2,36	0,38 ± 0,08
T6 — Controle	53	53,00 ± 17,24	43,89 ± 3,84	0,34 ± 0,14

PE = porcentagem de emergência; TME = ; Tempo Médio de Emergência IVE.

O tratamento T3 (plântio direto em areia) apresentou a maior porcentagem de emergência (72%), com baixa variabilidade entre repetições (DP = ±12,65). Este resultado confirma a eficiência do substrato arenoso, que proporciona boa drenagem e estabilidade térmica, conforme descrito por Davide *et al.* (1995) e Santos Júnior *et al.* (2004).

Os tratamentos T5 (imersão em água a 80 °C) e T6 (controle) apresentaram germinação moderada, com valores médios de 59% e 53%, respectivamente. O tratamento controle demonstrou alta variabilidade entre repetições, indicando menor estabilidade na resposta germinativa e corroborando registros de que sementes de *Copaifera langsdorffii* não submetidas a tratamento pré-germinativo para superação da dormência tegumentar apresentam germinação irregular, variando entre 12% e 59% (Carvalho, 2003).

Os tratamentos T2 (imersão em água por 5 dias) e T4 (solo misto exposto a pleno sol) apresentaram as menores porcentagens de germinação (32% e 29%, respectivamente), acompanhadas de alta variação entre repetições. Esses resultados sugerem efeito negativo desses tratamentos sobre a viabilidade e o vigor das sementes: a imersão prolongada em água pode provocar dano por embebição, redução na disponibilidade de oxigênio e deterioração do embrião (Castro *et al.*, 2004; Custódio *et al.*, 2002), enquanto a exposição do substrato a pleno sol eleva a temperatura e acelera a perda de umidade das sementes, comprometendo a germinação e reduzindo o vigor das plântulas.

O tratamento T1, com aplicação de ácido giberélico (GA₃), resultou em germinação intermediária (50%), indicando efeito positivo, porém inferior ao substrato arenoso. Embora o GA₃ possa acelerar a germinação em espécies nativas, sua eficiência depende da interação com fatores ambientais e fisiológicos. O grau de umidade das sementes foi de 9,5%, encontrando-se na média percentual para a espécie. Estudos de Ribeiro *et al.*, (2017) também evidenciaram que

a aplicação pré-germinativa de ácido giberélico (GA_3) não influenciou na germinação de sementes nem a emergência de plântulas da espécie *Hymenaea courbaril*, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos.

O tratamento T3 apresentou o segundo menor tempo médio de emergência ($TME \approx 39,64$ dias) e o maior índice de velocidade de emergência ($IVE \approx 0,48$), evidenciando maior vigor das plântulas, uma vez que lotes de sementes com maior velocidade de estabelecimento demonstram capacidade superior de mobilização de reservas energéticas e adaptação ao meio, conforme destaca Marcos-Filho (2015). Maguire (1962) e Labouriau (1983) avaliam que adicionalmente, respostas com dinâmica ágil de germinação refletem alta qualidade fisiológica do lote.

O IVE é o principal indicador de vigor germinativo, atribuindo maior peso às sementes que emergem precocemente (figura 4). O T3, com IVE de 0,48, demonstrou que as plântulas emergem rapidamente, reduzindo riscos de soterramento por chuvas ou ataque de fungos deterioradores e patógenos de solo, os quais se aproveitam de processos germinativos lentos para comprometer a viabilidade do lote, conforme destaca Marcos-Filho (2015) e Pereira *et al.* (2009).

Figura 4

Índice de Velocidade de Emergência (IVE) e Tempo Médio de Emergência (TME) por tratamento.



Os tratamentos T2 e T4 apresentaram baixos valores de IVE (0,19), indicando emergência lenta e irregular, característica de lotes de baixo vigor ou submetidos a métodos de superação de dormência ineficientes, conceito este defendido por Marcos-Filho (2015).

O tratamento T6 (controle) exibiu TME mais elevado ($\approx 43,89$ dias) e IVE intermediário (0,34), caracterizando emergência tardia e menos uniforme. O alto tempo médio de emergência

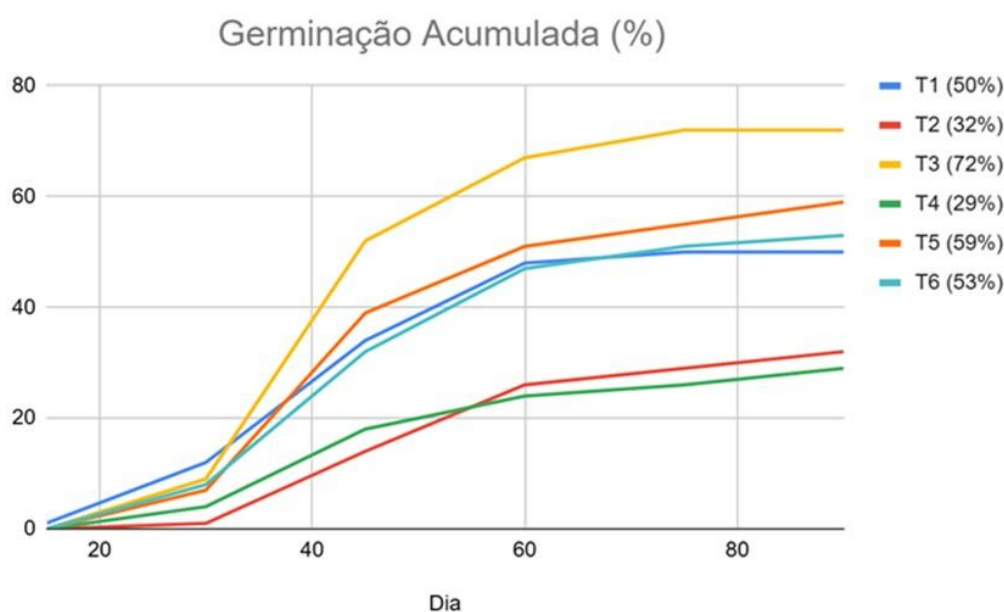
(TME) e o baixo índice de velocidade de emergência (IVE) no grupo controle de *C. langsdorffii* decorrem da dormência tegumentar, conforme descrito na literatura especializada, que caracteriza a emergência desta espécie como tardia e desuniforme. Nos estudos de Melo *et al.* (1998) confirmam que sementes não tratadas (controle) apresentam restrições fisiológicas que atrasam a germinação, validando os dados observados.

O T3 destacou-se como o mais eficiente, apresentando maior germinação final (72%) e maior IVE (0,48). Esses resultados indicam que o método proporcionou maior vigor, favorecendo rápida ocupação do espaço e reduzindo competição com plantas daninhas, resultados similares a este foram observados por Mendonça *et al.* (2023) estudando a espécie *C. langsdorffii*.

O tratamento T1 destacou-se pela precocidade (Figura 5), atingindo a estabilização da germinação aos 69 dias e apresentando um IVE competitivo (0,35). Esse comportamento sugere que as sementes viáveis germinaram rapidamente, embora o processo não tenha se estendido ao restante do lote. Em contrapartida, T5 e T6 superaram T1 na porcentagem final de germinação (59% e 53%, respectivamente), mas exigiram mais tempo para estabilizar (87 dias). Conforme apontado por Mendonça *et al.* (2023), essa resposta reflete maior taxa de germinação, porém acompanhada de menor vigor.

Figura 5

Gráfico de germinação acumulada ao longo de 90 dias.



Os tratamentos T2 e T4 apresentaram os piores desempenhos (32% e 29%), com IVE baixo (0,19), caracterizando emergência lenta e irregular. Esse comportamento observado na planta de acordo com Oliveira *et al.*, 2010 pode estar relacionado à insuficiência dos métodos para superar a dormência ou a possíveis efeitos fitotóxicos decorrentes de danos térmicos às estruturas internas das sementes, inviabilizando ou retardando o processo germinativo.

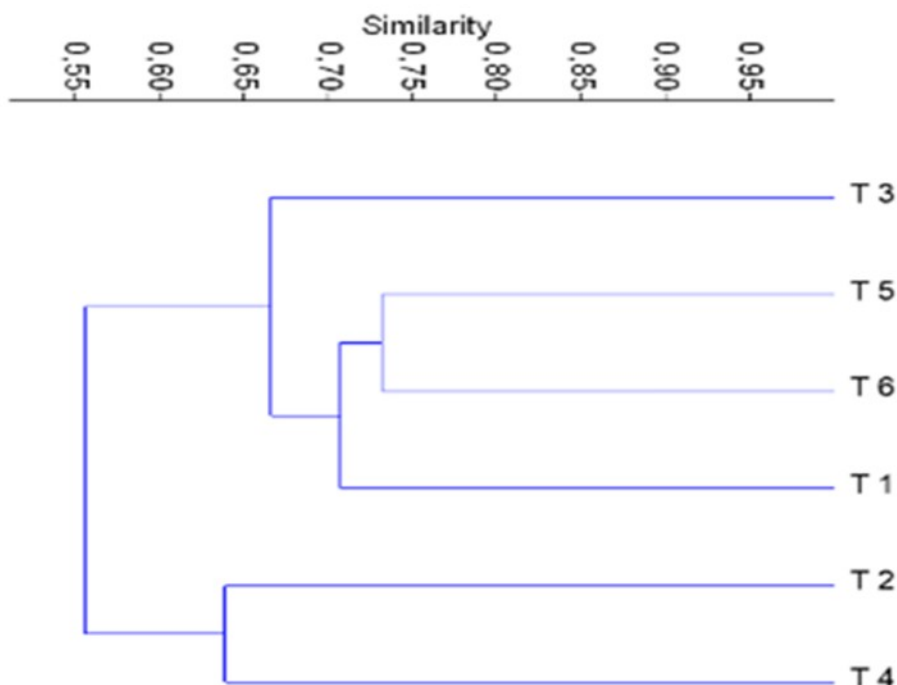
A análise da uniformidade revelou elevado desvio-padrão, sobressaindo-se o tratamento T4 ($\pm 20,43$), o que evidencia expressiva variação entre as repetições e reduz a confiabilidade desse tratamento. Esses resultados confirmam que a *Copaifera langsdorffii* é uma espécie florestal nativa inerentemente sujeita a alta variabilidade fisiológica. Nesse sentido, conforme observado por Santana *et al.* (2016), quando determinado tratamento falha em padronizar o processo germinativo de maneira robusta, surgem discrepâncias acentuadas entre as repetições (baixa repetitividade), o que justifica estatisticamente o alto desvio-padrão e limita a precisão da técnica aplicável.

O tratamento T3 destacou-se pela maior uniformidade, apresentando desvio padrão de $\pm 1,60$ no Tempo Médio de Emergência (TME). Essa característica confere maior previsibilidade ao manejo agrícola e otimiza práticas como irrigação e adubação, visto que as plantas se desenvolvem em estágios homogêneos. Conforme ressaltado por Guedes *et al.* (2011), essa padronização no vigor inicial está diretamente associada ao alto desempenho do lote, sendo determinante para a eficiência operacional tanto em viveiros quanto no campo.

O dendrograma de similaridade (Figura 6) demonstra que T2 e T4 estão intimamente relacionados, enquanto T3, T5, T6 e T1 formam outro agrupamento, indicando padrões distintos de similaridade. Essa formação de subgrupos bem delineados e isolados assemelha-se ao comportamento de estruturação grupal verificado por Antiqueira *et al.* (2014) em populações de *C. langsdorffii*, cujos autores demonstraram que a análise de agrupamento multivariada é capaz de identificar clusters distintos com base na divergência biológica e no isolamento.

Figura 6

Dendrograma de similaridade e análise de ordenação (PCoA) dos tratamentos, baseado no índice de Jaccard.



A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) mostra que T4 e T2 apresentam composição semelhante no eixo horizontal, enquanto T5 e T6 posicionam-se mais distantes, evidenciando diferenças nas variáveis analisadas. Esse comportamento gráfico reproduz o padrão matemático de ordenação indireta, em que a proximidade espacial nos eixos principais reflete homogeneidade nos atributos avaliados, ao passo que o distanciamento confirma gradientes de dissimilaridade, conforme observado na caracterização de agrupamentos para *C. langsdorffii* por Maltezo *et al.* (2021).

Os métodos não convencionais de quebra de dormência aumentaram significativamente a percentagem de sementes germinadas, superando o uso de fitohormônios. Estudos anteriores já demonstraram que técnicas físicas e mecânicas são mais eficazes que reguladores de crescimento, especialmente em espécies florestais nativas, comportamento evidenciado por Lorenzi (1992)

Os métodos aplicados proporcionaram uma germinação mais rápida, uniforme e previsível. O emprego dessas técnicas pré-germinativas otimiza o manejo de mudas em viveiros e o planejamento de projetos de restauração ecológica, uma vez que reduz o tempo de emergência e maximiza o aproveitamento do lote de sementes da espécie conforme destacou Carvalho (2008)

e Nascimento *et al.* (2014).

A redução do tempo necessário para a obtenção de mudas viabiliza um planejamento produtivo mais eficiente, conferindo maior agilidade a programas de recuperação de áreas degradadas. Além disso, contribui para o aprimoramento da qualidade do material vegetal e para o êxito no estabelecimento das espécies em campo, corroborando os achados de Dutra *et al.* (2015).

Esses resultados contribuem para o manejo sustentável de espécies nativas, reforçando a importância de práticas que potencializam a germinação e favorecem a conservação de ecossistemas florestais.

CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que os métodos não convencionais de quebra de dormência foram mais eficazes que o uso de reguladores de crescimento vegetal, proporcionando maior porcentagem de germinação e melhor uniformidade no processo.

O tratamento T3 (escarificação em areia) destacou-se como o mais eficiente, alcançando 72% de germinação, enquanto o tratamento T4 (exposição ao sol/solo por 120 h) apresentou o menor desempenho, com apenas 29%.

A análise comparativa evidenciou que técnicas físicas e mecânicas, como escarificação e escaldagem, aceleraram a emergência das plântulas, reduziram o tempo de espera para obtenção de mudas e tornaram o processo germinativo mais previsível e homogêneo.

Os resultados indicam que a escolha adequada do método pré-germinativo exerce influência direta sobre o desempenho germinativo das sementes de *Copaifera langsdorffii*. A adoção de técnicas não convencionais de quebra de dormência contribui significativamente para o manejo sustentável de espécies nativas, reforçando a importância de práticas que potencializam a germinação e favorecem a conservação e a recuperação de ecossistemas florestais.

AGRADECIMENTOS

À Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), pela infraestrutura e suporte para a implantação dos experimentos. Ao Instituto C-3 (Comunidade, Clima e Carbono), pelo suporte técnico nas coletas de sementes e na aquisição de insumos. Ao Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) concedida ao último autor (processo nº 188728/2025-2).

REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Antiqueira, L. M. O. R., Souza, R. G. V. D. C., Bajay, M. M., & Kageyama, P. Y. (2014). Genetic structure and diversity of *Copaifera langsdorffii* Desf. in Cerrado fragments of the São Paulo State, Brazil. *Revista Árvore*, 38(4), 667–675. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400010>
- Assis, K. C. C. Geraldo, G. S., Guardabaxo, C. M. S., Baquião, E. M., Rezende, B. N., & de Resende Maciel, A. L. (2020). Escarificação e ácido giberélico na germinação e desenvolvimento inicial de pindaíba (*Duguetia lanceolata* ST Hil). *Revista Agrogeoambiental*, 12(3). <https://doi.org/10.18406/2316-1817v12n320201471>
- Augsburger, C. K. (1982). A cue for synchronous flowering. In *The ecology of a tropical forest: Seasonal rhythms and long-term changes* (pp. 133–150).
- Borchert, R. (1980). Phenology and ecology of a tropical tree *Erythrina poeppigiana* O. F. Cook. *Ecology*, 61(5), 1065–1074. <https://doi.org/10.2307/1936825>
- Borges, E. E. L., Borges, R. C. G., Cândido, J. F., & Gomes, J. M. (1982). Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. *Revista Brasileira de Sementes*, 4(1), 9–12.
- Brandon, K., Fonseca, G. D., Rylands, A. B., & Silva, J. D. (2005). Conservação brasileira: Desafios e oportunidades. *Megadiversidade*, 1(1), 7–13.
- Carvalho, P. E. R. (2003). Copaíba: *Copaifera langsdorffii*. In CARVALHO, P. E. R. *Espécies arbóreas brasileiras* (Vol. 1, pp. 395–404). Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Florestas.
- Carvalho, P. E. R. (2008). *Espécies arbóreas brasileiras*. Embrapa.
- Castro, R. D., Bradford, K. J., & Hilhorst, H. W. M. (2004). Embebição e reativação do metabolismo. In A. G. Ferreira & F. Borghetti (Orgs.), *Germinação: Do básico ao aplicado* (pp. 149–162). Artmed.
- Costa, J. A. (2026). *Copaifera langsdorffii* Desf. In *Flora e Funga do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Recuperado em 18 de junho de 2026, de <http://jbrj.gov.br>
- Custódio, C. C., Machado Neto, N. B., Ito, H. M., & Vivan, M. R. (2002). Efeito da submersão em água de sementes de feijão na germinação e no vigor. *Revista Brasileira de Sementes*, 24(1), 1–6. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100009>

- Davide, A. C., Silva, E. A. A., & Carvalho, L. R. (1995). Proposta para manejo de sementes e produção de mudas de espécies florestais nativas. UFLA/FAEPE.
- Dutra, T. R., Graziotti, P. H., Santana, R. C., & Massad, M. D. (2015). Qualidade de mudas de copaíba produzidas em diferentes substratos e níveis de sombreamento. *Floresta*, 45(3), 635–644. <https://doi.org/10.5380/rf.v45i3.35686>
- Eira, M. T., Salomão, A. N., da Cunha, R., de Mello, C. M., & Tanaka, D. M. (1992). Conservação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. Leguminosae. *Revista do Instituto Florestal*, 4(2), 523-526. <https://doi.org/10.24278/2178-5031.199242828>
- Eiten, G. (1972). The cerrado vegetation of Brazil. *The Botanical Review*, 38(2), 201–341. <https://doi.org/10.1007/BF02859158>
- Gomes, J. M., & Silva, A. R. (2004). Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In J. G. Barbosa et al. (Eds.), *Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substrato* (pp. 190–225). UFV.
- Guedes, R. S., Alves, E. U., Gonçalves, E. P., Colares, P. N. Q., Medeiros, M. S. D., & Viana, J. S. (2011). Germinação e vigor de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em diferentes substratos e temperaturas. *Revista Árvore*, 35(5), 975–982. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600003>
- Hammer, Ø., et al. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Janzen, D. H. (1971). Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 2, 465–492. [suspicious link removed]
- Klink, C. A., & Machado, R. B. (2005). A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, 1(1), 147–155.
- Labouriau, L. G. (1983). A germinação das sementes. *OEA-Prog. Reg. Desenv. Cient. Tecnol.*
- Labouriau, L. G., & Valadares, M. E. B. (1976). On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 48(2), 263–284.
- Lorenzi, H. (1992). *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil* (6ª ed.). Instituto Plantarum.
- Maguire, J. D. (1962). Speed of germination — Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2(2), 176–177.
- Maltezo, D. P., Medeiros, J. D., & Rossi, A. A. B. (2021). Genetic structure and diversity among individuals of *Copaifera langsdorffii* Desf. from Mato Grosso, Brazilian Amazon, using ISSR markers. *Research, Society and Development*, 10(16), e187101623025. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23025>
- Marcos Filho, J. (2015). *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Abrates.

- Medeiros, R. V. (2022). Qualidade de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob efeitos de tratamentos pré-germinativos [Dissertação de mestrado ou Monografia]. Instituto Federal Goiano.
- Melo, J. D., Silva, J. D., TORRES, R. D. A., Silveira, C. D., & Caldas, L. S. (1998). Coleta, propagação e desenvolvimento inicial de espécies do Cerrado. In S. M. Sano & S. P. Almeida (Eds.), *Cerrado: Ambiente e flora* (pp. 195–243). Embrapa CPAC.
- Mendonça, A. M. D. C., Garcia, F. H. S., Vilela, A. L. D. O., Rodrigues, M., & Barbosa, J. P. R. A. D. (2025). Optimizing *Copaifera langsdorffii* seedling production through light-mediated phenotypic plasticity in nursery environments. *Floresta e Ambiente*, 32(3), e20240051. <https://doi.org/10.1590/2179-8087-FLORAM-2024-0051>
- Mittermeier, R. A., Fonseca, G. A., Rylands, A. B., & Brandon, K. (2005). Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil. *Megadiversidade*, 1(1), 14–21.
- Nascimento, M. E., Bertolucci, S. K. V., Santos, F. M., Santos Jr, J. M., Castro, E. M., & Pinto, J. E. B. P. (2014). Avaliação morfológica de plantas jovens de *Copaifera langsdorffii* Desf. desenvolvidas em diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 16(4), 931–937.
- Noletto, L. G., Pereira, M. F. R., & Amaral, L. I. V. do. (2010). Alterações estruturais e fisiológicas em sementes de *Copaifera langsdorffii* DESF.-Leguminosae-Caesalpinioideae submetidas ao tratamento com hipoclorito de sódio. *Revista Brasileira de Sementes*, 32(1), 45–59. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100005>
- Oliveira, L. M. D., Bruno, R. D. L. A., Gonçalves, E. P., & De Lima, A. R. (2010). Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.-LEGUMINOSAE. *Revista Caatinga*, 23(1), 20–27.
- Oliveira, T. P. D. F. D., Barroso, D. G., Lamônica, K. R., Carvalho, V. S., & Oliveira, M. A. D. (2015). Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* Mattos). *Ciência Florestal*, 25(4), 1043–1051. <https://doi.org/10.5902/1980509820666>
- Opler, P. A., Frankie, G. W., & Baker, H. G. (1976). Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography*, 3(3), 231–236. <https://doi.org/10.2307/3038013>
- Pedroni, F., Sanchez, M., & Santos, F. A. M. (2002). Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. *Brazilian Journal of Botany*, 25(2), 183–194. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200007>
- Pereira, R. S., Santana, D. G., & Ranal, M. A. (2009). Emergência de plântulas oriundas de sementes recém colhidas e armazenadas de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Caesalpinioideae), Triângulo Mineiro, Brasil. *Revista Árvore*, 33(4), 643–652. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000400007>
- Ratter, J. A., Ribeiro, J. F., & Bridgewater, S. (1997). The Brazilian cerrado vegetation and threats

- to its biodiversity. *Annals of Botany*, 80(3), 223–230. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>
- Real, R., & Vargas, J. M. (1996). The probabilistic basis of Jaccard's index of similarity. *Systematic Biology*, 45(3), 380–385. <https://doi.org/10.2307/2413572>
- Reich, P. B., & Borchert, R. (1984). Water stress and tree phenology in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 72(1), 61–74. <https://doi.org/10.2307/2260006>
- Ribeiro, E. A., FREITAS, G. D., Freitas, M. A. B. P., Santos, A. D., Bessa, N. D., & Silva, R. D. (2017). Métodos sustentáveis para superação de dormência em sementes de Jatobá do Cerrado. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, 11(6), 119–124.
- Rivera, G., & Borchert, R. (2001). Induction of flowering in tropical trees by a 30-min reduction in photoperiod: Evidence from field observations and herbarium specimens. *Tree Physiology*, 21(4), 201–212. <https://doi.org/10.1093/treephys/21.4.201>
- Rodrigues, A. C. D. C., Osuna, J. T. A., Queiroz, S. R. D. O., & Rios, A. P. S. (2007). Efeito do substrato e luminosidade na germinação de *Anadenanthera colubrina* (Fabaceae, Mimosoideae). *Revista Árvore*, 31(2), 187–193. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000200001>
- Rodrigues, P. M. S., Silva, C. H. P., Braga, L. L., Nunes, Y. R. F., Veloso, M. D. M., & Gonzaga, A. P. D. (2007). Efeito da luz e da procedência na germinação de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae–Caesalpinoideae). *Revista Brasileira de Biociências*, 5(S2), 264–266.
- Santana, D. G., & Ranal, M. A. (2004). *Análise da germinação: Um enfoque estatístico*. Editora Universidade de Brasília.
- Santana, D. G. D., Lobo, G. A., Salomão, A. N., & Pereira, V. J. (2016). Robustness of germination analysis methods for *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae) seeds. *Bioscience Journal*, 32(1), 160–171.
- Santos Júnior, N. A., Botelho, S. A., & Davide, A. C. (2004). Estudo da germinação e sobrevivência de espécies arbóreas em sistema de semeadura direta, visando à recomposição de mata ciliar. *Revista Árvore*, 28(3), 393–403.
- Santos-Filho, M., & Silva, M. N. F. da. (2002). Uso de habitats por mamíferos em área de Cerrado do Brasil Central: Um estudo com armadilhas fotográficas. *Revista Brasileira de Zoociências*, 4(2), 217–228.
- SILVA, K. B., PINTO, M. D. S. D. C., & DE LIMA, D. D. (2024). Influência do substrato sobre a emergência e o crescimento inicial de plântulas de *Couroupita guianensis* Aubl., Lecythidaceae. *Acta Biológica Catarinense*, 11(2), 4–10. <https://doi.org/10.21726/abc.v11i2.2178>
- Sneath, P. H. A., & Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification*. W. H. Freeman.

- Snow, D. W. (1965). A possible selective factor in the evolution of fruiting seasons in tropical forest. *Oikos*, 16(1/2), 274–281. <https://doi.org/10.2307/3565124>
- Souza, M. L., Silva, D. R. P., Fantecelle, L. B., & Lemos Filho, J. P. D. (2015). Key factors affecting seed germination of *Copaifera langsdorffii*, a Neotropical tree. *Acta Botanica Brasilica*, 29(4), 473–477. <https://doi.org/10.1590/0102-33062015abb0084>
- Wright, S. J., & Van Schaik, C. P. (1994). Luz e a fenologia de árvores tropicais. *The American Naturalist*, 143(1), 192–199.