ReGeo ISSN: 2177-3246

SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA DE SEMENTES DE Hymenaea courbaril L. POR TRATAMENTOS NÃO CONVENCIONAIS

OVERCOMING SEED DORMANCY IN Hymenaea courbaril L. THROUGH NON-CONVENTIONAL TREATMENTS

SUPERACIÓN DE LA LATENCIA DE SEMILLAS DE Hymenaea courbaril L. MEDIANTE TRATAMIENTOS NO CONVENCIONALES

https://doi.org/10.56238/revgeov17n11-056

Vanessa Moura Santos
Graduanda em Ciências Biológica
Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso - Câmpus Universitário do Médio Araguaia, Brasil
E-mail: vanessa.moura@unemat.br
Orcid: https://orcid.org/0009-0002-1916-1528

Sirlei Fragata Sousa
Graduanda em Ciências Biológica
Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso - Câmpus Universitário do Médio Araguaia, Brasil
E-mail: sirlei.fragata.sousa@unemat.br
Orcid: https://orcid.org/0009-0000-2113-8517

Josiani Velho de Oliveira
Graduanda em Ciências Biológica
Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso - Câmpus Universitário do Médio Araguaia, Brasil
E-mail: velho.josiani@unemat.br
Orcid: https://orcid.org/0009-0008-5452-8966

Abmael José Ribeiro
Graduando em Ciências Biológica
Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso - Câmpus Universitário do Médio Araguaia, Brasil
E-mail: abmael.ribeiro@unemat.br

Lucivania Moura Santos
Graduanda em Ciências e Tecnologia
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
E-mail: mourasantolucivania@gmail.com
Orcid: 0009-0002-4094-2038

Ailton Barbosa de Oliveira
Graduando em Ciências Naturais e Matemática
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
E-mail: ailtonbebo@hotmail.com
Orcid: 0009-0006-1724-1654

ReGeo
ISSN: 2177-3246

Valvenarg Pereira da Silva
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Pontes e Lacerda - Fronteira Oeste
E-mail: valvenarg.silva@ifmt.edu.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8450-3016

Joari Costa de Arruda
Instituição: Universidade do Estado de Mato Grosso - Câmpus Universitário do Médio Araguaia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Cáceres Prof. Olegário Baldo, Brasil
E-mail: arruda.joari@unemat.br
Orcid: https://orcid.org/0000-0001-8813-983X

RESUMO
O jatobá (*Hymenaea courbaril* L., Fabaceae) é uma espécie arbórea neotropical de ampla distribuição no Brasil, cujas sementes apresentam dormência física que compromete a uniformidade da emergência e limita a produção de mudas para conservação e restauração. Esta pesquisa avaliou a eficiência de tratamentos não convencionais na superação da dormência de sementes de *H. courbaril*. Foram utilizadas 500 sementes coletadas em matrizes nos municípios de Porto Estrela e Vila Rica, Mato Grosso, sob delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições de 25 sementes: T1 - imersão em água por 120 h; T2 - acondicionamento em solo úmido ao sol por 120 h; T3 - escarificação mecânica com lixa e lima; T4 - imersão em ácido giberélico; e T5 - testemunha. A emergência foi monitorada por 165 dias, calculando-se a porcentagem de emergência (PE), o índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de emergência (TME), submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5%, além de agrupamento (UPGMA) e ordenação (PCoA) com base no coeficiente de Gower. Das 500 sementes, 297 emergiram (59,40%). A escarificação mecânica destacou-se com 98,00% de emergência, IVE de 1,690 e TME de 17,29 dias, com a emergência estabilizada aos 40 dias, enquanto os demais tratamentos variaram de 36,00% a 57,00% de emergência, com IVE entre 0,107 e 0,128, TME entre 109,13 e 117,74 dias e emergência praticamente nula até o 70º dia. A análise de variância confirmou o efeito dos tratamentos sobre a PE ($F = 21,23$), o IVE ($F = 589,26$) e o TME ($F = 76,59$), todos com $p < 0,001$, e o teste de Tukey separou o T3 dos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Conclui-se que a ruptura física do tegumento é o fator determinante da germinação da espécie, e que a embebição prolongada e o regulador vegetal são ineficazes quando aplicados sem escarificação prévia.

Palavras-chave: Dormência Física. Escarificação Mecânica. Ácido Giberélico. Jatobá. Espécie Nativa do Cerrado.

ABSTRACT
Jatobá (*Hymenaea courbaril* L., Fabaceae) is a Neotropical tree species widely distributed in Brazil whose seeds show physical dormancy that compromises emergence uniformity and limits seedling production for conservation and restoration. This study assessed the efficiency of non-conventional treatments in overcoming dormancy in *H. courbaril* seeds. A total of 500 seeds collected from mother trees in Porto Estrela and Vila Rica, Mato Grosso, Brazil, were used in a completely randomized design with five treatments and four replicates of 25 seeds: T1 - water immersion for 120 h; T2 - moist soil under full sun for 120 h; T3 - mechanical scarification with sandpaper and file; T4 - immersion in gibberellic acid; and T5 - untreated control. Emergence was monitored for 165 days, and Emergence Percentage (EP), Emergence Speed Index (ESI) and Mean Emergence Time (MET) were calculated and submitted to analysis of variance and Tukey's test at 5%, plus cluster analysis (UPGMA) and

ordination (PCoA) based on Gower's coefficient. Of the 500 seeds, 297 emerged (59.40%). Mechanical scarification stood out with 98.00% emergence, an ESI of 1.690 and an MET of 17.29 days, with emergence stabilized by day 40, whereas the remaining treatments ranged from 36.00% to 57.00% emergence, with ESI between 0.107 and 0.128, MET between 109.13 and 117.74 days and virtually no emergence until day 70. Analysis of variance confirmed treatment effects on EP ($F = 21.23$), ESI ($F = 589.26$) and MET ($F = 76.59$), all with $p < 0.001$, and Tukey's test separated T3 from the other treatments, which did not differ among themselves. It is concluded that physical rupture of the seed coat is the determining factor for germination in this species, and that prolonged imbibition and the plant growth regulator are ineffective when applied without prior scarification.

Keywords: Physical Dormancy. Mechanical Scarification. Gibberellic Acid. Jatobá. Native Cerrado Species.

RESUMEN

El jatobá (*Hymenaea courbaril* L., Fabaceae) es una especie arbórea neotropical de amplia distribución en Brasil, cuyas semillas presentan latencia física que compromete la uniformidad de la emergencia y limita la producción de plántulas para conservación y restauración. Este trabajo evaluó la eficiencia de tratamientos no convencionales en la superación de la latencia de semillas de *H. courbaril*. Se utilizaron 500 semillas recolectadas de árboles matrices en Porto Estrela y Vila Rica, Mato Grosso, Brasil, bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones de 25 semillas: inmersión en agua por 120 h (T1), acondicionamiento en suelo húmedo a pleno sol por 120 h (T2), escarificación mecánica con lija y lima (T3), inmersión en ácido giberélico (T4) y testigo (T5). La emergencia se monitoreó durante 165 días, calculando el Porcentaje de Emergencia (PE), el Índice de Velocidad de Emergencia (IVE) y el Tiempo Medio de Emergencia (TME), sometidos a análisis de varianza y a la prueba de Tukey al 5%, además de agrupamiento (UPGMA) y ordenación (PCoA) basados en el coeficiente de Gower. De las 500 semillas, 297 emergieron (59,40%). La escarificación mecánica se destacó con un 98,00% de emergencia, IVE de 1,690 y TME de 17,29 días, con la emergencia estabilizada a los 40 días, mientras que los demás tratamientos variaron del 36,00% al 57,00% de emergencia, con IVE entre 0,107 y 0,128, TME entre 109,13 y 117,74 días y emergencia prácticamente nula hasta el día 70. El análisis de varianza confirmó el efecto de los tratamientos sobre el PE ($F = 21,23$), el IVE ($F = 589,26$) y el TME ($F = 76,59$), todos con $p < 0,001$. Se concluye que la ruptura física del tegumento es el factor determinante de la germinación de la especie, y que la imbibición prolongada y el regulador vegetal son ineficaces sin escarificación previa.

Palabras clave: Latencia Física. Escarificación Mecánica. Ácido Giberélico. Jatobá. Especie Nativa del Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil abriga a maior diversidade vegetal do planeta, resultado da combinação entre extensão continental, heterogeneidade ambiental e a coexistência de seis grandes biomas: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa. O inventário consolidado pela rede Flora do Brasil evidenciou tanto o elevado número de espécies quanto o grau expressivo de endemismo da flora nacional (BFG, 2022), cuja distribuição não é homogênea, mas concentrada em núcleos associados a barreiras históricas e a gradientes climáticos (GOMES-DA-SILVA; FORZZA, 2021). Entre as famílias que sustentam essa diversidade, Leguminosae é a mais representativa, com 220 gêneros e 2.901 espécies registradas para o país, das quais 1.576 são endêmicas (MORIM et al., 2024).

Parte expressiva dessa riqueza encontra-se no Cerrado, reconhecido como a savana mais rica do mundo em espécies vegetais, com cerca de 10.500 espécies de plantas vasculares e riqueza arbórea média de 28,1 ± 17,8 espécies por hectare (GILES et al., 2026). Sua flora lenhosa reúne aproximadamente 1.605 espécies arbóreas, das quais 63% são consideradas raras (ALVAREZ et al., 2025). Essa riqueza é moldada por um regime climático de duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra severamente seca, que atua como filtro ecológico (EITEN, 1972) e favoreceu, na flora local, estratégias germinativas especializadas, como dormência, germinação lenta e tolerância térmica das sementes (FAGUNDES et al., 2025).

Em contraste com essa riqueza, o Cerrado tornou-se a principal fronteira agrícola do país. Somente em 2022, foram desmatados 10.681 km² no bioma, com ameaça a mais de 4.800 espécies endêmicas de plantas e vertebrados (BISPO; PICOLI; MARIMON, 2024), e o acúmulo histórico dessas perdas é da ordem de 24 bilhões de árvores suprimidas desde 1985 (ALVAREZ et al., 2025). A essa pressão somam-se os riscos associados às mudanças climáticas, que seriam substancialmente reduzidos com a limitação do aquecimento global nos termos do Acordo de Paris (MALECHA; MANES; VALE, 2025). Nesse cenário, o domínio de protocolos eficientes de produção de mudas de espécies nativas deixa de ser questão exclusivamente silvicultural e passa a constituir requisito operacional dos programas de recuperação de áreas degradadas.

Entre as espécies nativas de interesse para esses programas, destaca-se *Hymenaea courbaril* L., o jatobá, uma das espécies arbóreas de maior amplitude geográfica entre as Fabaceae neotropicais, distribuída do México à América do Sul (POWO, 2026) e presente em cinco dos seis biomas brasileiros (MESSINA; MORAES, 2012), de 0 a 1.500 m de altitude, o que é atribuído à sua elevada plasticidade ecológica (GONÇALVES et al., 2025). Trata-se de árvore de grande porte, que pode ultrapassar 25 m de altura, com casca que exsuda uma resina característica (TONINI; ARCO-VERDE, 2003), associada a estruturas secretoras que constituem traço diagnóstico do gênero (TIAGO et al., 2020). Seus frutos

são legumes lenhosos e indeiscentes, com duas a seis sementes de tegumento pétreo envoltas por polpa farinácea utilizada na alimentação tradicional (DUARTE et al., 2016), e a madeira, a resina, a casca, as folhas e as sementes têm usos diversos, com 42 usos registrados por agricultores do norte de Mato Grosso, dos quais 79% de natureza medicinal (GONÇALVES et al., 2025).

Apesar desse potencial, o principal entrave à propagação sexuada da espécie é a dormência de suas sementes, mecanismo que impede a germinação mesmo sob condições ambientais favoráveis e que, em ambientes de sazonalidade marcada, distribui a emergência no tempo e amplia a probabilidade de sobrevivência das plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; POPINIGIS, 1985). Em Hymenaea, essa dormência é de natureza física, decorrente da impermeabilidade do tegumento à água e aos gases, imposta por uma camada de células paliçádicas fortemente esclerificadas que se instala durante a maturação fisiológica da semente (SILVA et al., 2026a). Nesses casos, a germinação só se inicia após a ruptura ou o enfraquecimento localizado dessa barreira, por abrasão, variação térmica ou ação de agentes bióticos (LAMONT; PAUSAS, 2023), e o registro de viviparidade em *Hymenaea martiana*, observado justamente quando a barreira física é contornada, ilustra o caráter dominante desse controle tegumentar no gênero (SILVA et al., 2026b).

Se no ambiente natural a dormência é vantajosa, para viveiristas e produtores de mudas ela representa desvantagem operacional: provoca desuniformidade na emergência, prolonga o ciclo de produção e eleva o risco de perda de sementes por deterioração, uma vez que estas permanecem por mais tempo no substrato antes de germinar. A magnitude do problema depende também do estádio de maturação do lote, já que sementes de frutos maduros colhidos diretamente na árvore podem alcançar de 96% a 100% de germinação, enquanto lotes provenientes de frutos caídos exigem escarificação mecânica para atingir desempenho equivalente (GUARIZ et al., 2021). Por essa razão, diversos estudos têm avaliado métodos de superação da dormência para a espécie, incluindo escarificação mecânica, escarificação química, choque térmico, embebição prolongada e aplicação de reguladores de crescimento (ARAÚJO JÚNIOR; SILVA; FERREIRA, 2021; FREITAS et al., 2013; MAIA et al., 2025; MOTTA et al., 2020; SMIDERLE; SOUZA, 2022; SOUSA et al., 2021).

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência de diferentes tratamentos não convencionais na superação da dormência de sementes de *Hymenaea courbaril* L., comparando-os a um tratamento com regulador vegetal e a uma testemunha, de modo a identificar o método mais eficiente para a produção de mudas destinadas ao cultivo sustentável e à conservação da espécie.

2 METODOLOGIA

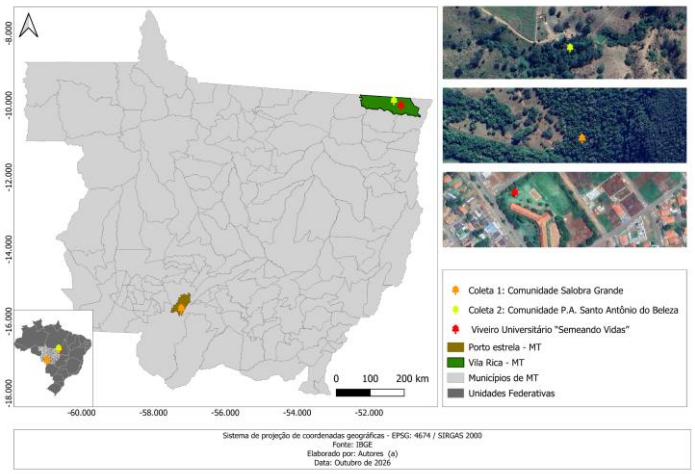
2.1 ÁREA DE ESTUDO

As sementes utilizadas no experimento foram coletadas nos municípios de Vila Rica e de Porto Estrela (Figura 1). O município de Vila Rica está situado no nordeste do estado de Mato Grosso, sob as coordenadas de 9°52'8.08"S e 51°18'35.07" O (IBGE, 2026b), localiza-se sobre o divisor de águas das bacias dos rios Araguaia e Xingu, o clima é do tipo Aw na classificação de Köppen tropical com estação seca de inverno (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual superior a 1.800 mm e temperatura média anual em torno de 27 °C, com máximas próximas de 35 °C e mínimas de 19 °C. A vegetação corresponde a uma zona de transição entre o Cerrado e a Floresta Amazônica, inserida em uma das porções mais desmatadas do estado em função da expansão agropecuária.

Já o município de Porto Estrela está localizado na região sudoeste do estado de Mato Grosso (IBGE, 2026a). A coleta foi realizada na comunidade Salobra Grande, sob as coordenadas 15°38'59,59" S e 57°13'28,84" O. O município integra a bacia do Alto Paraguai, o clima é do tipo Aw na classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), com precipitação média anual de cerca de 1.450 mm e temperatura média anual de 25,7 °C, com menor precipitação no inverno em comparação ao verão. A vegetação é típica do Brasil Central, com ocorrência de campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado sensu stricto, cerradão e florestas de galeria (EITEN, 1972; SANTOS-FILHO; SILVA, 2002).

O campo experimental foi instalado no viveiro universitário da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), núcleo de Vila Rica, onde foram aplicados os tratamentos e conduzida a avaliação da emergência.

Figura 1 - Localização das áreas de coleta de sementes de Hymenaea courbaril L. (Coleta 1: Comunidade Salobra Grande, Porto Estrela; Coleta 2: Comunidade P.A. Santo Antônio do Beleza, Vila Rica) e do Viveiro Universitário “Semeando Vidas” (UNEMAT, Vila Rica), Mato Grosso, Brasil.

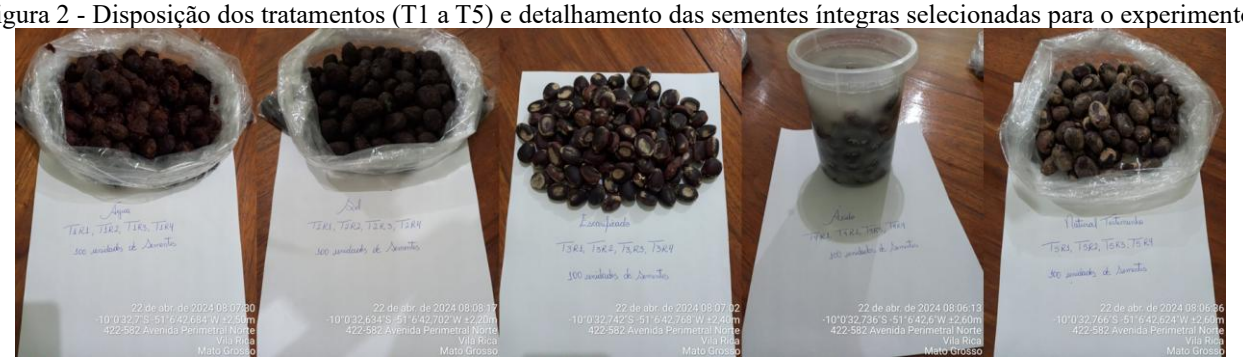


Fonte: Autores.

2.2 MÉTODOS

As sementes de *H. courbaril* foram coletadas de frutos encontrados no solo de diferentes matrizes localizadas nos dois municípios, mantendo-se distância mínima de 100 m entre indivíduos, a fim de reduzir a probabilidade de parentesco genético entre as árvores amostradas e ampliar a variabilidade do lote (DAVIDE; SILVA; CARVALHO, 1995). Após a colheita, os frutos foram despolpados e as sementes triadas quanto ao estado sanitário, descartando-se aquelas com danos mecânicos ou imperfeições. Ao final do processo, foram selecionadas 500 sementes íntegras destinadas ao experimento (Figura 2).

Figura 2 - Disposição dos tratamentos (T1 a T5) e detalhamento das sementes íntegras selecionadas para o experimento.



Fonte: Autores.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições de 25 sementes cada, perfazendo 100 sementes por tratamento, com as repetições distribuídas de forma aleatória no viveiro a fim de mitigar o efeito de potenciais gradientes ambientais, conforme especificado na sequência:

Tratamento 1 (T1) - Imersão em água. As sementes foram imersas em água potável à temperatura ambiente por 120 h (5 dias). O procedimento foi adaptado das metodologias descritas por Labouriau (1983) e Santana e Ranal (2004), que tratam da embebição prolongada como via de hidratação dos tecidos e de enfraquecimento do tegumento.

Tratamento 2 (T2) - Solo úmido ao sol. As sementes foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes contendo solo previamente umedecido e mantidas sob exposição direta à radiação solar por 120 h (5 dias). O método baseia-se na combinação entre elevação térmica e manutenção da umidade como estímulo à ruptura tegumentar.

Tratamento 3 (T3) - Escarificação mecânica. As sementes foram escarificadas manualmente com lixa nº 80 e lima, até a ruptura parcial do tegumento e exposição dos tecidos cotiledonares. A abrasão foi aplicada no lado oposto ao hilo e ao eixo embrionário, bem como nas faces laterais da semente, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Tratamento 4 (T4) - Ácido giberélico (GA_3). As sementes foram imersas por 2 h em solução contendo 1 g de GA_3 diluído em 500 mL de água potável, o que corresponde à concentração de 2.000 ppm. A escolha do regulador apoiou-se no precedente de Sousa et al. (2021), que avaliaram doses de ácido giberélico como tratamento pré-germinativo em sementes da mesma espécie.

Tratamento 5 (T5) - Testemunha. As sementes foram semeadas sem qualquer tratamento pré-germinativo, servindo como referência para a comparação com os demais métodos.

Concluída a aplicação dos tratamentos, todos os tratamentos foram semeados no mesmo dia, em 22 de abril de 2024, em sacos plásticos preenchidos com mistura de terra preta e substrato comercial, a uma profundidade aproximada de 5 cm. O experimento foi conduzido em viveiro sob sombreamento de 70%, obtido com tela de sombrite (BORGES et al., 1982), e irrigadas diariamente.

Cada tratamento foi identificado por meio de placas de marcação, garantindo a organização e a rastreabilidade dos dados coletados. A emergência foi monitorada diariamente por um período de 165 dias, de 22 de abril a 3 de outubro de 2024, registrando os números de plântulas emergidas em cada repetição. A partir desses registros, foram calculadas as três variáveis descritas a seguir.

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

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

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):

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

Onde: IVE = índice de velocidade de emergência; G = número de plântulas emergidas no dia correspondente; N = número de dias decorridos desde a semeadura.

As três variáveis foram submetidas à análise de variância e, detectado efeito significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, conforme recomendado por Carvalho e Nakagawa (2012) para experimentos de germinação. Complementarmente, a similaridade entre os tratamentos foi avaliada sobre a matriz de médias de PE, IVE e TME, previamente padronizada

pela amplitude de cada variável, por meio do coeficiente de Gower, com agrupamento hierárquico pelo método UPGMA (SNEATH; SOKAL, 1973) e ordenação por Análise de Coordenadas Principais (PCoA).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo de 165 dias de monitoramento, obteve-se uma taxa geral de emergência de 59,40% (297 plântulas a partir de 500 sementes semeadas). A emergência distribuiu-se entre os tratamentos da seguinte forma: escarificação mecânica (T3), com 98 plântulas; solo úmido ao sol (T2) e testemunha (T5), ambos com 57 plântulas; ácido giberélico (T4), com 49 plântulas; e imersão em água (T1), com 36 plântulas. Destaca-se que o tratamento T3 foi responsável por um terço do total de plântulas obtidas.

Para fins comparativos, em experimento conduzido no mesmo viveiro sob delineamento e condições semelhantes com *Copaifera langsdorffii*, a taxa geral de emergência foi de 49% para um total de 600 sementes distribuídas em seis tratamentos (SOUSA et al., 2026).

A disparidade observada nos dados brutos foi confirmada estatisticamente, uma vez que a análise de variância revelou efeito dos tratamentos sobre as três variáveis (Tabela 1). O valor de F foi de 21,23 para a porcentagem de emergência, 589,26 para o índice de velocidade de emergência e 76,59 para o tempo médio de emergência, todos com $p < 0,001$. A magnitude muito superior do F obtido para o IVE indica que o rompimento físico do tegumento atua sobretudo sobre a dinâmica temporal do processo germinativo, e não apenas sobre o número final de plântulas. Em todos os casos, o teste de Tukey isolou o T3 em um grupo distinto, enquanto os tratamentos T1, T2, T4 e T5 não diferiram estatisticamente entre si, resultado que, por si só, posiciona a embebição em água, o solo úmido ao sol e o regulador vegetal como equivalentes à ausência de tratamento.

Tabela 1: Análise de variância (ANOVA one-way) para a porcentagem de emergência (PE), o índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de emergência (TME) de sementes de Hymenaea courbaril L. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos.

Variável	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	p
PE (%)	Tratamentos	4	8.628,80	2.157,20	21,23	0,000005
	Resíduo	15	1.524,00	101,600		
	Total	19	10.152,80			
IVE	Tratamentos	4	7,91	1,978	589,26	< 0,000001
	Resíduo	15	0,05	0,003		
	Total	19	7,96			
TME (dias)	Tratamentos	4	30.109,37	7.527,34	76,59	< 0,000001
	Resíduo	15	1.474,22	98,281		

Variável	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	p
	Total	19	31.583,59			

Fonte: Autores.

O detalhamento das médias mostra que as três variáveis exibiram comportamento idêntico na diferenciação dos tratamentos (Tabela 2). A escarificação mecânica destacou-se com 98,00% de emergência, contra valores de 36,00% (T1) a 57,00% (T2 e T5) nos demais. O índice de velocidade de emergência reproduziu e amplificou esse contraste, com 1,690 no T3 contra valores entre 0,107 e 0,128 nos outros quatro tratamentos, uma diferença de aproximadamente 13 vezes. O tempo médio de emergência, por sua vez, expressa o mesmo fenômeno na escala que mais importa ao viveirista: 17,29 dias no T3 contra 109,13 a 117,74 dias nos demais tratamentos, ou seja, uma economia de cerca de cem dias por lote produzido.

Tabela 2: Médias (± desvio-padrão) de porcentagem de emergência (PE), índice de velocidade de emergência (IVE) e tempo médio de emergência (TME) de sementes de Hymenaea courbaril L. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos.

Tratamentos	Descrição	Emergidas (n)	PE (%)	IVE	TME (dias)
T1	Água (120 h)	36	36,00 ± 8,64 b	0,107 ± 0,054 b	109,13 ± 15,09 b
T2	Solo úmido ao sol (120 h)	57	57,00 ± 11,94 b	0,128 ± 0,030 b	115,45 ± 4,43 b
T3	Escarificação mecânica	98	98,00 ± 2,31 a	1,690 ± 0,107 a	17,29 ± 1,55 a
T4	Ácido giberélico (GA_3)	49	49,00 ± 3,83 b	0,112 ± 0,020 b	113,84 ± 11,62 b
T5	Testemunha	57	57,00 ± 16,45 b	0,127 ± 0,033 b	117,74 ± 10,34 b

Fonte: Autores.

Em termos absolutos, o valor de 98% de emergência obtido com a escarificação mecânica situa-se no limite superior da faixa relatada pela literatura para a espécie. Araújo Júnior, Silva e Ferreira (2021) obtiveram 83,2% de emergência com escarificação mecânica isolada, realizada com tesoura de poda, e 89,8% quando a escarificação foi associada a choque térmico e embebição em água, sem diferença estatística entre os dois tratamentos.

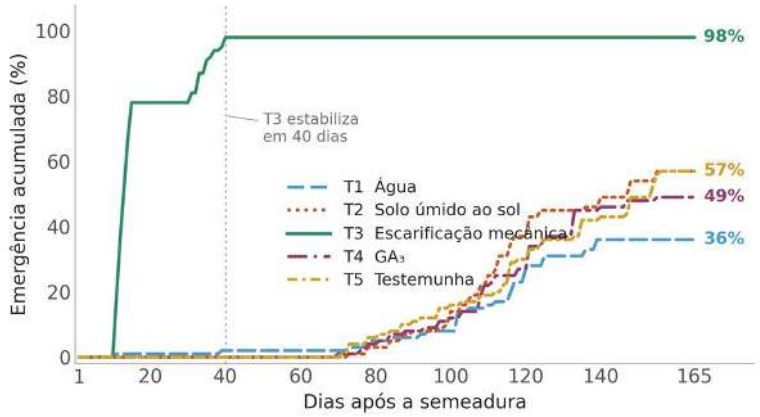
Esse desempenho é corroborado por outros estudos com o gênero. Na síntese de Maia et al. (2025), a escarificação mecânica foi apontada como o método mais eficiente entre os protocolos avaliados para *H. courbaril*, com germinação de até 87%. De modo semelhante, Freitas et al. (2013), utilizando o mesmo delineamento adotado neste trabalho, verificaram que a escarificação mecânica com lixa d'água nº 100 foi o tratamento mais eficiente para superar a dormência tegumentar de

Hymenaea oblongifolia e *H. courbaril* var. *stilbocarpa*. Embora a escarificação seja consistentemente o melhor tratamento, a porcentagem de emergência obtida varia entre os estudos.

A diferença de magnitude entre os 98% aqui obtidos e os 83,2% relatados por Araújo Júnior, Silva e Ferreira (2021) pode ser atribuída ao instrumento de escarificação e à extensão da área abrasionada. Neste estudo, a associação entre lixa nº 80 e lima permitiu desgastar a testa em três regiões distintas: a face oposta ao hilo e as duas faces laterais. Some-se a isso a possível influência do estádio de maturação do lote, fator que responde por variações expressivas de germinabilidade na espécie: sementes de frutos maduros colhidos diretamente na árvore alcançam de 96% a 100% de germinação, enquanto lotes provenientes de frutos caídos requerem escarificação para atingir desempenho comparável (GUARIZ et al., 2021).

Além da magnitude, a dinâmica temporal da emergência (Figura 3) explicita a natureza dessa diferença. A curva do T3 é abrupta e precoce: as primeiras plântulas surgiram aos 11 dias após a semeadura, a emergência acumulada atingiu 78% aos 15 dias e o tratamento estabilizou em 98% aos 40 dias, sem nenhuma emergência posterior. Metade das plântulas do T3 já havia emergido aos 13 dias e 90% aos 35 dias. Em contrapartida, os tratamentos T1, T2, T4 e T5 permaneceram praticamente inertes até o septuagésimo dia: as primeiras emergências consistentes ocorreram aos 70 dias no T4, 71 no T5 e 73 no T2, iniciando então uma subida gradual e desuniforme que se estendeu até os 139 dias (T1), 155 dias (T2 e T4) e 156 dias (T5). Nesses quatro tratamentos, metade das plântulas só foi obtida entre 112 e 116 dias após a semeadura.

Figura 3: Curva de emergência acumulada de sementes de *Hymenaea courbaril* L. ao longo dos 165 dias de monitoramento, por tratamento.



Fonte: Autores.

O intervalo de aproximadamente cem dias entre a estabilização do T3 e a dos demais tratamentos é, do ponto de vista operacional, o achado mais relevante do experimento, pois corresponde

ao tempo de ocupação do viveiro por lote produzido. Vale registrar que o T1 apresentou uma única plântula aos 11 dias, exatamente no mesmo dia em que o T3 iniciou sua emergência, permanecendo em seguida sem qualquer nova emergência por mais de sessenta dias. Esse evento isolado corresponde, com toda probabilidade, a uma semente cujo tegumento já se encontrava naturalmente comprometido antes da instalação do experimento, e ilustra que, removida a barreira física, o embrião de H. courbaril germina com rapidez independentemente do tratamento aplicado.

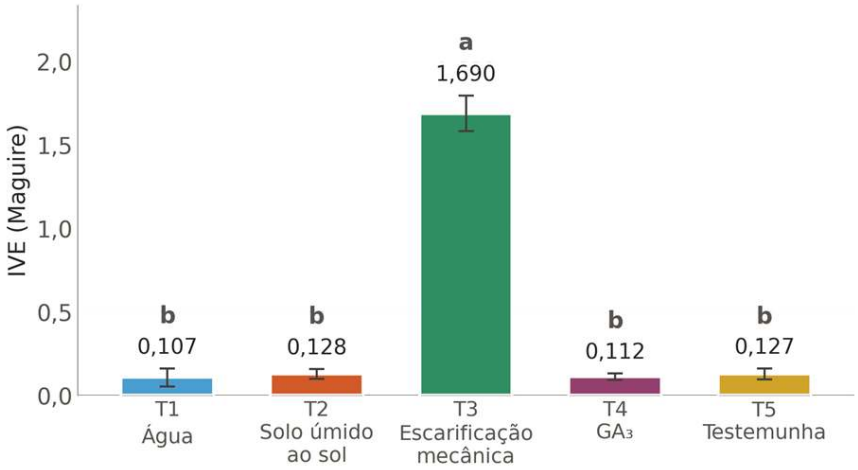
Esse padrão temporal sustenta a interpretação de que a dormência das sementes de *H. courbaril* é de natureza estritamente física. A camada de células palisádicas esclerificadas que compõem a testa impede o contato da água com o embrião (SILVA et al., 2026a). Segundo Lamont e Pausas (2023), uma vez estabelecida essa barreira, a germinação depende de sua ruptura ou de seu enfraquecimento localizado, e não de estímulos metabólicos aplicados externamente, sendo esse o quadro observado na presente pesquisa.

A emergência tardia e prolongada observada nos tratamentos não escarificados também é coerente com esse mecanismo. Nessas sementes, a ruptura do tegumento não foi provocada pelo tratamento, mas ocorreu de forma gradual e aleatória ao longo do tempo, por ação da alternância de umedecimento e secagem do substrato, da atividade microbiana e do intemperismo físico no viveiro.

Entre os tratamentos não escarificados, chama a atenção que a testemunha, sem qualquer intervenção, tenha igualado o melhor desempenho do grupo (57%, mesmo valor do T2), e que a imersão prolongada em água tenha resultado no pior desempenho do conjunto (36%), inferior inclusive ao controle (Tabela 2).

O contraste entre o T3 e os demais tratamentos é ainda mais nítido para a velocidade de emergência (Figura 4). O T3 alcançou IVE de 1,690, enquanto os demais tratamentos permaneceram entre 0,107 e 0,128, sem diferença estatística entre si. O baixo desvio-padrão do T3 (± 0,107, equivalente a 6,3% da média) indica que a escarificação não apenas acelera a emergência como o faz de maneira reprodutível entre repetições. O maior desvio relativo do conjunto coube ao T1 (± 0,054 sobre média de 0,107, ou 50%), reflexo direto da plântula precoce isolada descrita acima, que elevou o índice de uma única repetição.

Figura 4: Índice de velocidade de emergência (IVE) médio de sementes de *Hymenaea courbaril* L. por tratamento, com barras de erro (desvio-padrão) e letras de agrupamento do teste de Tukey.



Fonte: Autores.

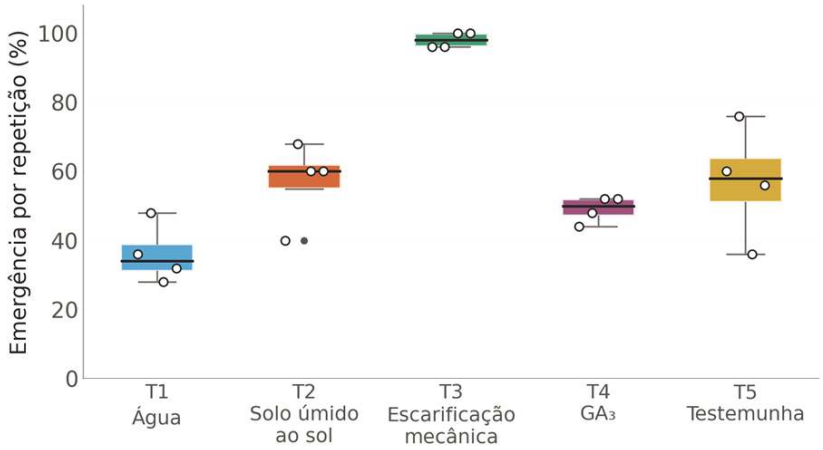
Por sua vez, o tempo médio de emergência (Tabela 2) traduz o mesmo resultado em unidade diretamente interpretável para o planejamento da produção de mudas. As sementes escarificadas emergiram, em média, aos 17,29 dias, com desvio de apenas ± 1,55 dia, ao passo que os demais tratamentos situaram entre 109,13 e 117,74 dias, com desvios de até ± 15,09 dias. A escarificação, portanto, reduziu o tempo médio de emergência a menos de um sexto do observado na testemunha e, simultaneamente, diminuiu em uma ordem de grandeza a incerteza associada a essa previsão.

A comparação dos tempos médios de emergência entre as duas espécies acrescenta uma dimensão pouco explorada na literatura. Em *C. langsdorffii*, os seis tratamentos avaliados produziram TME entre 39,23 e 46,54 dias, uma amplitude de apenas 7,3 dias, ainda que as porcentagens de emergência tenham variado de 29% a 72% (SOUSA et al., 2026). Em *H. courbaril*, a amplitude entre o melhor e o pior tratamento foi de 100,45 dias. Essa diferença de uma ordem de grandeza sugere que a intensidade da barreira tegumentar, e não apenas sua presença, varia substancialmente entre Fabaceae arbóreas do Cerrado, e que em H. courbaril a testa constitui um impedimento quase absoluto, cuja remoção altera o comportamento germinativo de forma descontínua, e não gradual.

Além da média, a distribuição dos dados entre as quatro repetições de cada tratamento (Figura 5) acrescenta a dimensão da previsibilidade. O T3 apresentou caixa extremamente estreita e elevada, com repetições de 96% a 100%, o que demonstra alta reprodutibilidade e baixa dispersão. Em contraposição, a testemunha (T5) exibiu a maior amplitude de todo o experimento, com repetições variando de 36% a 76%, e o T2 apresentou dispersão igualmente ampla, de 40% a 68%. Essa característica é operacionalmente decisiva: um método que entrega 98% com desvio de ± 2,31 permite dimensionar com precisão a quantidade de sementes necessária para uma meta de produção, ao passo

que um método cujo resultado oscila entre 36% e 76% inviabiliza qualquer planejamento confiável de viveiro.

Figura 5: Distribuição (boxplot) da porcentagem de emergência de sementes de *Hymenaea courbaril* L. entre as repetições, por tratamento.

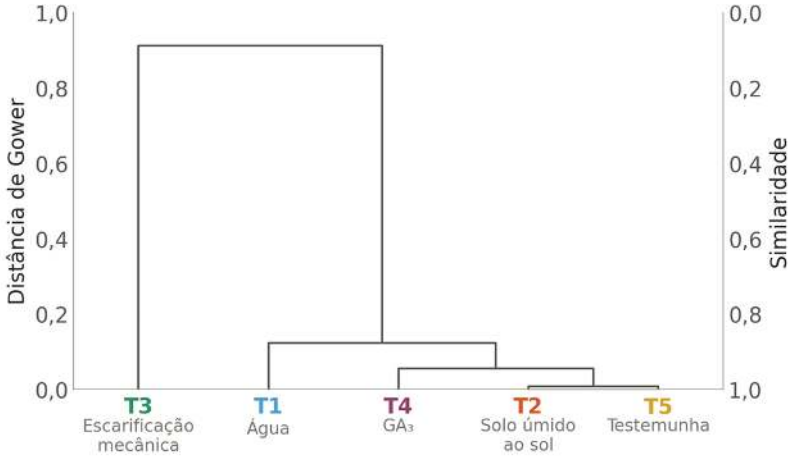


Fonte: Autores.

Para avaliar conjuntamente as três variáveis, a análise de agrupamento hierárquico (Figura 6) organiza os tratamentos segundo a similaridade de suas respostas conjuntas de emergência, velocidade e tempo médio. O dendrograma separa o T3 em um ramo isolado, unido ao restante do conjunto apenas em nível de similaridade de 0,089, o que confirma estruturalmente que a resposta germinativa do jatobá à escarificação mecânica diverge de todos os demais métodos testados.

No segundo grande ramo, observa-se associação quase perfeita entre T2 e T5, que se unem em nível de 0,992, seguidos pelo T4, agregado em 0,945, e pelo T1, que se junta ao grupo em 0,877. A proximidade entre o solo úmido ao sol e a testemunha é o resultado mais eloquente dessa análise: em termos de resposta germinativa, submeter as sementes a cinco dias de solo úmido sob sol pleno equivale, na prática, a não submetê-las a tratamento algum.

Figura 6: Dendrograma de agrupamento hierárquico (UPGMA, coeficiente de Gower) dos tratamentos de superação de dormência de sementes de *Hymenaea courbaril* L., com base na PE, no IVE e no TME.

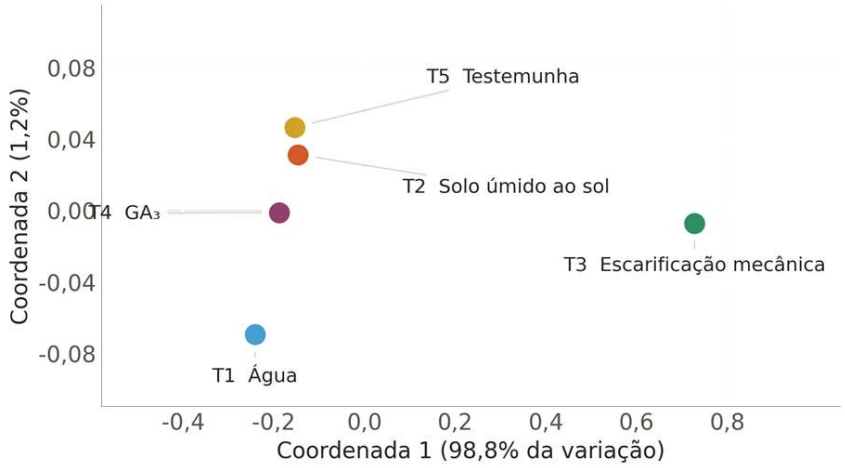


Fonte: Autores.

A ordenação por Análise de Coordenadas Principais (Figura 7) reproduz esse padrão no plano bidimensional e acrescenta uma informação relevante: a primeira coordenada, sozinha, concentra 98,8% da variação entre tratamentos. O T3 posiciona-se isoladamente no extremo positivo desse eixo, enquanto os demais tratamentos concentram-se no semiplano oposto, com T2 e T5 praticamente sobrepostos, T4 em posição intermediária e T1 deslocado ao longo da segunda coordenada, que responde por apenas 1,2% da variação.

A estrutura praticamente unidimensional do conjunto de dados indica que o experimento mediu, em essência, uma única fonte de variação: a presença ou ausência de ruptura tegumentar. A natureza do agente empregado nos tratamentos não escarificados (água, calor úmido ou giberelina) mostrou-se irrelevante.

Figura 7: Diagrama de ordenação (PCoA) dos tratamentos de superação de dormência de sementes de *Hymenaea courbaril* L., com base na PE, no IVE e no TME.



Fonte: Autores.

Analisando-se individualmente os tratamentos não escarificados, a imersão em água por 120 h (T1) não apenas deixou de superar a testemunha como apresentou o pior resultado do experimento em todas as três variáveis, com 36% de emergência e o menor IVE do conjunto. Esse comportamento é compatível com a impermeabilidade da testa: se a barreira tegumentar impede o influxo de água, prolongar o contato com o meio líquido não promove hidratação do embrião, mas cria condições favoráveis à proliferação de microrganismos na superfície da semente e à deterioração do lote. Resultado análogo foi observado em *Copaifera langsdorffii*, em que a imersão em água por cinco dias produziu a segunda menor porcentagem de emergência entre seis tratamentos, com apenas 32%, e o maior tempo médio de emergência do experimento, de 46,54 dias (SOUSA et al., 2026).

Já o tratamento com solo úmido exposto ao sol (T2) igualou a testemunha nas três variáveis: 57% de emergência em ambos, IVE de 0,128 contra 0,127 e TME de 115,45 contra 117,74 dias, e o dendrograma os posicionou como o par de maior similaridade de todo o experimento, com 0,992. A convergência com o estudo em C. langsdorffii é notável: naquele experimento, o substrato misto exposto ao sol pleno por 120 h registrou o pior desempenho entre todos os tratamentos, com 29% de emergência e elevado desvio-padrão, tendo os autores associado o resultado à elevação da temperatura do substrato e à consequente perda de umidade das sementes (SOUSA et al., 2026). A repetição do padrão em duas espécies distintas sugere que a exposição direta ao sol pleno, sem controle da temperatura do substrato, é um procedimento de risco em protocolos de superação de dormência, e não uma alternativa de baixo custo à escarificação.

O tratamento com ácido giberélico (T4) alcançou 49% de emergência, IVE de 0,112 e TME de 113,84 dias, não diferindo estatisticamente da testemunha em nenhuma das três variáveis; sua emergência foi, inclusive, numericamente inferior à do controle, ainda que a diferença não seja significativa. Como a giberelina ocupa posição central na regulação da germinação, a sua ineficácia aqui delimita com precisão a natureza do bloqueio: em sementes com dormência física, o impedimento não está na sinalização hormonal, mas no acesso. O T4 operou, nesse sentido, como um controle negativo involuntário e particularmente eloquente, ao demonstrar que a limitação de *H. courbaril* não é a incapacidade do embrião de responder a estímulos germinativos, mas a impossibilidade de esses estímulos chegarem até ele (LAMONT; PAUSAS, 2023).

Esse resultado é coerente com a literatura: em H. courbaril, doses crescentes de ácido giberélico produziram efeito limitado, restrito à velocidade de emergência na maior concentração testada, enquanto a escarificação com esmeril foi o método mais eficiente (SOUSA et al., 2021). Em *C. langsdorffii*, o GA_3 a 2.000 ppm, a mesma concentração aqui empregada, resultou em germinação intermediária de 50%, inferior à semeadura direta em areia (72%), levando os autores a concluir que

técnicas físicas e mecânicas não convencionais superaram os reguladores de crescimento vegetal na quebra da dormência tegumentar (SOUSA et al., 2026).

Somando-se o presente experimento, são três ensaios independentes, em duas espécies de Fabaceae arbóreas do Cerrado, nos quais o ácido giberélico não superou os métodos de ruptura física. A consistência do padrão indica que o insucesso não decorre de dose inadequada nem de tempo de imersão insuficiente, mas da incompatibilidade entre o mecanismo de ação do regulador e a natureza do impedimento. A consequência prática é direta: o GA_3 só faria sentido em protocolos de produção de mudas de jatobá se aplicado após a escarificação, quando a testa já permite o influxo da solução. É precisamente essa a pergunta formulada por Smiderle e Souza (2022) ao investigar a contribuição de bioestimulantes e de *Trichoderma* spp. associados à escarificação em sementes de H. courbaril: a discussão pertinente não é a substituição da escarificação, mas o que pode ser agregado a ela.

Em síntese, do ponto de vista aplicado, os resultados têm implicações diretas para a produção de mudas de espécies nativas. A escarificação mecânica com lixa e lima é um procedimento executável com materiais de custo desprezível, dispensa reagentes controlados e equipamentos de proteção específicos, e pode ser realizada por equipes sem formação técnica especializada, atributos que a tornam particularmente adequada a viveiros comunitários e a projetos de restauração conduzidos em parceria com populações locais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dormência das sementes de *Hymenaea courbaril* L. é de natureza exclusivamente física, decorrente da impermeabilidade do tegumento à água e aos gases, constituindo o principal fator limitante para uma germinação rápida e uniforme. A ordenação multivariada, ao concentrar 98,8% da variação entre tratamentos em um único eixo, confirma que o experimento mediu essencialmente uma única fonte de variação: a presença ou ausência de ruptura tegumentar.

A escarificação mecânica realizada manualmente com lixa nº 80 e lima foi o método mais eficaz entre os tratamentos testados, proporcionando simultaneamente a maior taxa final de emergência (98,00%), o maior índice de velocidade de emergência (1,690) e o menor tempo médio de emergência (17,29 dias). O processo germinativo estabilizou-se aos 40 dias após a semeadura, contra 139 a 156 dias nos demais tratamentos.

Os tratamentos não invasivos imersões em água por 120 h, acondicionamento em solo úmido exposto ao sol por 120 h e aplicação de ácido giberélico não diferiram estatisticamente da testemunha em nenhuma das três variáveis avaliadas, apresentando emergência entre 36,00% e 57,00%, índice de velocidade de emergência inferior a 0,13 e tempo médio de emergência superior a 109 dias, com início

do processo germinativo apenas após o septuagésimo dia. A imersão prolongada em água apresentou desempenho inferior ao da própria testemunha.

A aplicação de regulador vegetal e a embebição prolongada em água, sem a prévia ruptura física da barreira tegumentar, mostraram-se ineficazes para estimular ou acelerar a emergência de plântulas da espécie, corroborando o entendimento de que tratamentos de natureza metabólica não substituem a intervenção física em sementes com dormência tegumentar.

Recomenda-se, para a produção de mudas de H. courbaril em viveiros e em programas de restauração no Cerrado, a adoção da escarificação mecânica como procedimento padrão, e sugere-se, como desdobramento desta pesquisa, a avaliação de métodos de escarificação em escala e a associação da escarificação a tratamentos complementares de proteção sanitária do lote.

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. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507

ALVAREZ, F. et al. Tree species hyperdominance and rarity in the South American Cerrado. **Communications Biology**, v. 8, p. 695, 2025. https://doi.org/10.1038/s42003-025-07623-w

ARAÚJO JÚNIOR, J.; SILVA, I. M. da; FERREIRA, V. Germinação em sementes de *Hymenaea courbaril* L. com diferentes tratamentos de quebra de dormência. **Journal of Health Sciences Institute**, v. 39, n. 3, p. 159-164, 2021.

BFG – BRAZIL FLORA GROUP. Brazilian Flora 2020: Leveraging the power of a collaborative scientific network. **TAXON**, v. 71, n. 1, p. 178-198, 2022. https://doi.org/10.1002/tax.12640

BISPO, P. da C.; PICOLI, M. C. A.; MARIMON, B. S. Overlooking vegetation loss outside forests imperils the Brazilian Cerrado and other non-forest biomes. **Nature Ecology & Evolution**, v. 8, n. 1, p. 12-13, 2024. https://doi.org/10.1038/s41559-023-02256-w

BORGES, E. E. L. et al. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 4, n. 1, p. 9-12, 1982.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A.; CARVALHO, L. R. **Proposta para manejo de sementes e produção de mudas de espécies florestais nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1995.

DUARTE, M. M. et al. Morphological characterization of fruit, seed and seedling and germination of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) ('Jatobá'). **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 3, p. 204-211, 2016. https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n3159734

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **The Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972. https://doi.org/10.1007/BF02859158

FAGUNDES, M. et al. Linking seed size and thermal tolerance in seed germination of *Hymenaea stigonocarpa*, a fire-prone Neotropical savanna tree. **Seeds**, v. 4, n. 4, p. 54, 2025. https://doi.org/10.3390/seeds4040054

FREITAS, A. R. et al. Superação da dormência de sementes de jatobá. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 85-89, 2013. https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.350

GILES, A. L. et al. Mapping and revealing the tree biodiversity of the Brazilian Cerrado through biome-wide sampling efforts. **npj Biodiversity**, v. 5, p. 9, 2026. https://doi.org/10.1038/s44185-026-00122-z

GOMES-DA-SILVA, J.; FORZZA, R. C. Two centuries of distribution data: Detection of areas of endemism for the Brazilian angiosperms. **Cladistics**, v. 37, n. 4, p. 442-458, 2021. https://doi.org/10.1111/cla.12445

GONÇALVES, C. A. et al. Chemical and biological properties of *Hymenaea courbaril* L.: A review. **Chemistry & Biodiversity**, v. 23, n. 2, p. e03154, 2025. https://doi.org/10.1002/cbdv.202503154

GUARIZ, H. R. et al. Germination potential of *Hymenaea courbaril* L. in different maturation stages. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 6, supl. 2, p. 3667-3684, 2021. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6SUPL2p3667

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Porto Estrela (MT)**: panorama. IBGE Cidades. Rio de Janeiro: IBGE, 2026a. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/porto-estrela.html.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Vila Rica (MT)**: panorama. IBGE Cidades. Rio de Janeiro: IBGE, 2026b. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/vila-rica.html.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington, D.C.: OEA, 1983.

LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, p. 263-284, 1976.

LAMONT, B. B.; PAUSAS, J. G. Seed dormancy revisited: Dormancy-release pathways and environmental interactions. **Functional Ecology**, v. 37, n. 4, p. 1106-1125, 2023. https://doi.org/10.1111/1365-2435.14269

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

MAIA, H. E. M. et al. Aspectos técnicos da produção de mudas de *Hymenaea courbaril* L.: síntese sobre biometria, viabilidade, dormência e substratos. **Nativa**, v. 13, n. 2, p. 216-225, 2025. https://doi.org/10.31413/nat.v13i2.18782

MALECHA, A.; MANES, S.; VALE, M. M. Climate change and biodiversity in Brazil: What we know, what we don't, and Paris Agreement's risk reduction potential. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 23, n. 2, p. 77-84, 2025. https://doi.org/10.1016/j.pecon.2025.03.004

MESSINA, T.; MORAES, M. d'A. de. *Hymenaea courbaril* (Fabaceae). In: CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA. **Lista Vermelha da Flora Brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://proflora.jbrj.gov.br.

MORIM, M. P. et al. Assembling the Brazilian flora: Overview of Leguminosae diversity. **Brazilian Journal of Botany**, v. 47, n. 4, p. 1245-1271, 2024. https://doi.org/10.1007/s40415-024-01034-7

MOTTA, V. H. M. et al. Superação de dormência de *Hymenaea courbaril*, por meio de diferentes métodos artificiais. **Revista GeTeC**, v. 8, n. 22, p. 81-95, 2020.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília: AGIPLAN, 1985.

POWO. *Hymenaea courbaril* L. **Plants of the World Online**. Richmond: Royal Botanic Gardens, Kew, 2026. Disponível em: https://powo.science.kew.org.

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação**: um enfoque estatístico. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2004.

SANTOS-FILHO, M.; SILVA, M. N. F. da. Uso de habitats por mamíferos em área de Cerrado do Brasil Central: um estudo com armadilhas fotográficas. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 4, n. 2, p. 217-228, 2002.

SILVA, J. N. da et al. Determination of the physiological maturity point and establishment of physical dormancy in *Hymenaea martiana* seeds. **Agronomy**, v. 16, n. 10, p. 943, 2026a. https://doi.org/10.3390/agronomy16100943

SILVA, J. N. da et al. First report of viviparity in seeds of the physically dormant species *Hymenaea martiana* (Fabaceae). **Seeds**, v. 5, n. 2, p. 19, 2026b. https://doi.org/10.3390/seeds5020019

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. das G. Scarification and doses of Acadian®, Stimulate® and *Trichoderma* spp. promote dormancy overcoming in *Hymenaea courbaril* L. seeds? **Journal of Seed Science**, v. 44, p. e202244009, 2022. https://doi.org/10.1590/2317-1545v44250043

SNEATH, P. H. A.; SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**: the principles and practice of numerical classification. San Francisco: W. H. Freeman, 1973.

SOUSA, A. C. M. et al. Aplicação de doses de ácido giberélico (GA3) como tratamento pré-germinativo em sementes de *Hymenaea courbaril*. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 93-99, 2021. https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.008.0009

SOUSA, S. F. et al. Desempenho germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. submetidas a diferentes tratamentos pré-germinativos. **Revista DCS**, v. 23, n. 94, p. 1-21, 2026. https://doi.org/10.54899/dcs.v23i94.6705

TIAGO, P. V. et al. Caracterização morfoanatômica, fitoquímica e histoquímica de *Hymenaea courbaril* (Leguminosae), ocorrente na Amazônia Meridional. **Rodriguésia**, v. 71, p. e00632019, 2020. https://doi.org/10.1590/2175-7860202071063

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. **O jatobá (*Hymenaea courbaril* L.)**: crescimento, potencialidades e usos. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003. (Documentos, 3).