

**Efecto de diferentes tratamientos pregerminativos en semillas
de *Brachystegia spiciformis***

**Effect of different pre-germinative treatments on seeds of
*Brachystegia spiciformis***

Autores: Eng. Graça Mário Manuel Quilo, Dr Ginhas Alexandre Manuel ¹, MsC José Gomes Ngando, Dra. Orlis Bárbara Alfonso Loret de Mola^{1*}

¹Universidade José Eduardo dos Santos, Huambo, Angola; ginhas.manuel@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5086-1680>, José Gomes Ngando ¹Universidade José Eduardo dos Santos, Huambo, Angola; josegandu@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6325-9322> y ¹Universidade José Eduardo dos Santos, Huambo, Angola; orlis.loret@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7926-0830>

RESUMEN

El interés por las especies forestales nativas de Angola ha impulsado la generación de información técnica orientada a la producción de plántulas para distintos usos. No obstante, la elevada diversidad de estas especies representa un desafío, debido a la variabilidad de los factores que influyen en la germinación y a la presencia frecuente de dormancia fisiológica. En este contexto, la producción eficiente de plántulas requiere un conocimiento específico de estos procesos. El objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento germinativo de semillas de *Brachystegia spiciformis* sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones: T1 (testigo), T2 (escarificación con H₂SO₄), T3 (escarificación mecánica), T4 (inmersión en agua hirviendo) y T5 (inmersión en agua a temperatura ambiente). Los datos se analizaron mediante ANOVA y, cuando se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$), se aplicó la prueba de Tukey. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS. Los resultados mostraron que los tratamientos físicos fueron los más eficaces para superar las limitaciones germinativas. La escarificación mecánica presentó el mayor porcentaje de germinación (95%) y el mayor índice de velocidad de germinación (IVG = 6,72). Estos resultados evidencian el

potencial de la escarificación mecánica como técnica eficiente para mejorar la germinación de *B. spiciformis*, con implicaciones directas para su propagación y uso en programas de restauración forestal en Angola.

Palabras clave: semillas, germinación y dormencia

ABSTRACT

Interest in native forest species in Angola has increased the generation of technical information aimed at seedling production for different purposes. However, the high diversity of these species represents a challenge due to the variability of factors influencing germination and the frequent occurrence of physiological dormancy. In this context, efficient seedling production requires specific knowledge of these processes. The objective of this study was to evaluate the germination behavior of *Brachystegia spiciformis* seeds subjected to different pregerminative treatments. A completely randomized design (CRD) was used, with five treatments and four replications: T1 (control), T2 (chemical scarification with H₂SO₄), T3 (mechanical scarification), T4 (hot water immersion), and T5 (room temperature water immersion). Data were analyzed using ANOVA, and when significant differences were detected ($p \leq 0.05$), Tukey's test was applied. Statistical analysis was performed using SPSS version 23. The results showed that physical treatments were the most effective in overcoming germination constraints. Mechanical scarification presented the highest germination percentage (95%) and the highest germination speed index (GSI = 6.72). These results highlight the potential of mechanical scarification as an efficient technique to improve germination in *B. spiciformis*, with direct implications for its propagation and use in forest restoration programs in Angola.

Keywords: seeds, germination

1. INTRODUCCIÓN

El interés creciente por las especies forestales nativas de Angola ha generado una demanda considerable de investigación y datos técnicos que permitan producir plántulas adecuadas para distintos usos (FAO, 2020). La enorme diversidad de especies presentes en estos ecosistemas representa, al mismo tiempo, un reto y una oportunidad, ya que cumplen funciones ambientales y ecológicas fundamentales en la conservación del agua, el suelo y la biodiversidad (FAO, 2015). El escaso número de plantaciones con especies

nativas obedece, en gran medida, a un déficit de conocimiento que abarca desde las condiciones necesarias para la germinación de sus semillas hasta los requisitos específicos para su establecimiento en diferentes localidades.

La propagación de especies nativas se ve limitada con frecuencia por la dormancia de las semillas, fenómeno que retrasa o dificulta la germinación (Wen et al., 2024). Se estima que alrededor de un tercio de las especies forestales germinan de forma inmediata cuando las condiciones ambientales son favorables, mientras que las restantes presentan algún grado de dormancia (Oliveira et al., 2020).

La dormancia es un mecanismo evolutivo que inhibe o retarda la germinación de las semillas, manteniendo su viabilidad durante largos períodos y permitiendo que germinen de manera escalonada bajo determinadas condiciones ambientales. De este modo, la especie garantiza su perpetuación incluso en contextos adversos. La mayoría de las especies forestales nativas requiere algún tratamiento para superar esta dormancia antes de germinar, incluso cuando las condiciones del entorno son aparentemente óptimas (Olbona et al., 2023).

El estudio de la germinación y el vigor de las semillas resulta esencial para definir condiciones adecuadas de manejo y almacenamiento, contribuyendo al éxito de la producción forestal. *Brachystegia spiciformis* es una especie característica del ecosistema de miombo de África central y austral que, debido a su intensa explotación, enfrenta una presión creciente. Se utiliza en la producción de carbón vegetal; su madera es valorada, además de ser un importante recurso melífero; su corteza se emplea en la elaboración de colmenas tradicionales y sus hojas constituyen forraje para el ganado, entre otros usos que satisfacen necesidades medicinales, económicas y energéticas de las comunidades locales.

La escasa literatura reciente sobre el comportamiento germinativo de *B. spiciformis* en Angola evidencia un vacío científico significativo. Estudios realizados en la región del miombo, particularmente en Zimbabwe, señalan que esta especie se encuentra entre las más explotadas debido a su alto valor energético y ecológico, y destacan que el conocimiento de su regeneración es clave para la sostenibilidad de estos ecosistemas (Chidumayo, 2013).

Por estas razones, resulta cada vez más urgente desarrollar y aplicar protocolos eficaces para superar la dormancia y acelerar la germinación de semillas de *B. spiciformis*,

especialmente en el contexto de restauración y manejo sostenible del miombo (FAO, 2022; Ameja et al., 2022). En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento germinativo de semillas de *B. spiciformis* sometidas a diferentes tratamientos pregerminativos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Área de colecta de semillas

Las semillas de *B. spiciformis* fueron recolectadas en la Reserva Forestal Brito Teixeira, ubicada a 3 km del laboratorio de Tecnología de multiplicación de plantas de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde se llevó a cabo el estudio (Figura 1).

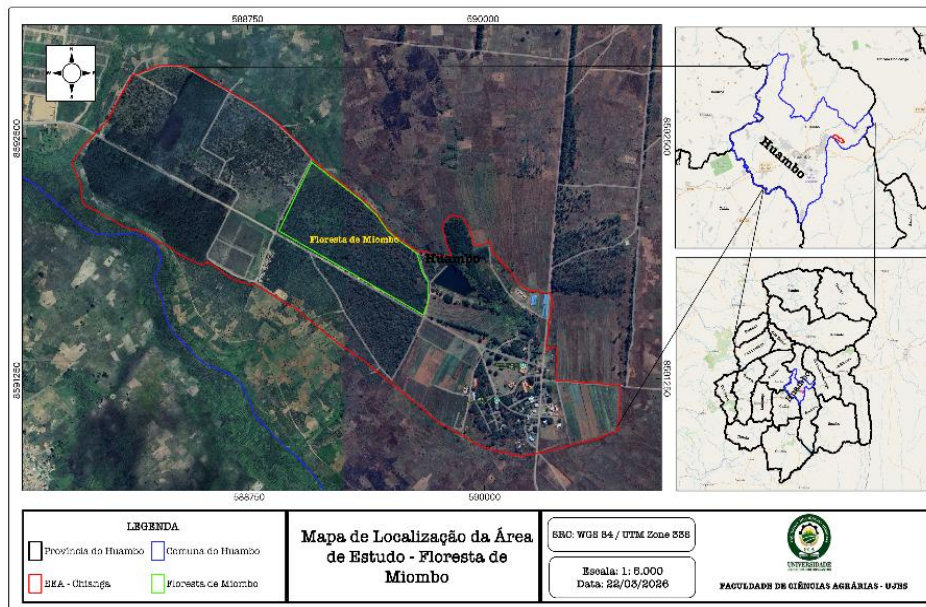


Figura 1. Ubicación del área de colecta de semillas.

La zona de recolección presenta una temperatura media anual de 20 °C; el periodo más cálido ocurre entre septiembre y octubre, coincidiendo con el inicio de la estación lluviosa, con temperaturas máximas de 25 a 27 °C, mientras que el mes más frío es junio, con valores medios de 11 a 13 °C. La humedad relativa media anual oscila entre 60 y 70%, alcanzando valores mínimos en agosto de 35 a 70% (Castanheira Diniz, 2006).

De acuerdo con este mismo autor el suelo de la región es ligeramente ferralítico, de color amarillo o anaranjado, derivado de rocas eruptivas, cristalofílicas y cuarcíferas con una textura arcillosa y un pH entre 5,2 y 5,5.

2.2. Colecta de semillas

Para este estudio, se seleccionaron cuatro árboles madre para la recolección de frutos maduros de la especie *B. spiciformis*. Los frutos fueron recolectados en la región central del Miombo, en Brito Teixeira, una zona donde existe una mayor concentración de árboles madre de esta especie.

2.3. Procedimiento metodológico

Posteriormente, los frutos fueron trasladados al Laboratorio de Tecnología de multiplicación de plantas, donde se sometieron a un proceso de limpieza, seguidamente, los frutos fueron colocados en bandejas a temperatura ambiente (media de 19 °C; máxima de 20 °C; mínima de 15 °C) durante 72 horas para su secado, luego las semillas fueron extraídas manualmente de los frutos mediante el método de trilla, de acuerdo con la metodología propuesta por Sanfilippo (2014). Finalmente, las semillas fueron almacenadas en recipientes de vidrio hasta el momento de la instalación de los experimentos.

2.4. Diseño experimental y tratamientos

Para la realización de las pruebas se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, siendo cada repetición compuesta por 25 semillas. Se evaluaron diferentes tratamientos pregerminativos, incluyendo escarificación química, mecánica e inmersión en agua, cuyos detalles se presentan en la Tabla 1.

Tabla1: Tratamiento pregerminativos aplicados a semillas de *B. spiciformis*

Tratamiento	Método	Descripción
T1	Testigo	Semillas sin tratamiento pregerminativo
T2	Escarificación química	Inmersión en H ₂ SO ₄ concentrado durante 15 min + lavado con agua (5 min)
T3	Escarificación mecánica	Desgaste manual opuesto a la micrópila con lija fina
T4	Agua caliente	Inmersión en agua a 100 °C, enfriamiento hasta temperatura ambiente (8–12 h)
T5	Agua ambiente	Inmersión en agua a ~25 °C durante 24 h

Las semillas fueron distribuidas en placas de Petri de 9 cm de diámetro, colocando 25 unidades por placa con el fin de garantizar una distribución homogénea y un control riguroso de las variables experimentales. Antes de su colocación, las semillas fueron pesadas en estado húmedo mediante una balanza digital analítica (Ohaus Corp. Pioneer, precisión ± 10 mg), lo que permitió asegurar la exactitud en el control de la masa, un aspecto fundamental para la confiabilidad de los ensayos de germinación.

Como sustrato se utilizó algodón, material ampliamente reconocido por su capacidad para favorecer el drenaje y la aireación adecuados durante el proceso germinativo. El algodón fue previamente humedecido con agua esterilizada para prevenir la contaminación microbiana y garantizar así condiciones controladas y reproducibles para el desarrollo de las semillas. La elección del sustrato es un factor determinante en los ensayos de germinación, ya que influye directamente en la disponibilidad de agua, la aireación y el soporte físico para las plántulas en desarrollo (Brasil, 2009).

2.5. Variables evaluadas

Para la evaluación de todas las variables, se siguieron los criterios establecidos por las Reglas de Análisis de Semillas (Brasil, 2009), que constituyen el marco normativo de referencia para este tipo de ensayos. Siguiendo estas directrices, los conteos de plántulas se realizaron cada siete días a partir de la instalación del ensayo. El último conteo se llevó a cabo a los 29 días, momento en que se registró el número definitivo de plántulas y los resultados se expresaron en porcentaje de germinación. Se calcularon cuatro variables que, en conjunto, permiten describir de manera completa cómo se comportaron las semillas durante el proceso germinativo:

Porcentaje de germinación (PG%): proporción de semillas que germinaron satisfactoriamente respecto al total de la muestra, calculado mediante la expresión propuesta por Silva et al., (2020).

$$G = \frac{N}{A} \times 100$$

Donde N es el número de semillas germinadas y A el número total de semillas en la muestra.

Índice de velocidad de germinación (IVG): indica la rapidez con que ocurre el proceso germinativo, calculado según Silva et al., (2020):

$$IVG = \sum \frac{n_i}{t_i}$$

Donde n_i es el número de semillas germinadas en el tiempo i y t_i el tiempo transcurrido desde la instalación del ensayo ($i = 5 \rightarrow 25$ días).

Tiempo medio de germinación (TMG): expresa el tiempo promedio, en días, necesario para que las semillas germinen, calculado según Silva et al., (2020) :

$$TMG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$$

Donde n_i es el número de semillas germinadas por día y t_i el tiempo de incubación ($i = 5 \rightarrow 25$ días).

Velocidad media de germinación (VMG): representa el inverso del tiempo medio de germinación y complementa la interpretación de los resultados:

$$VMG = \frac{1}{t}$$

Donde t corresponde al tiempo medio de germinación, expresado en días.

2.6. Análisis Estadístico

As comparações múltiplas de médias foram realizadas por meio de análise de variância (ANOVA), seguida do teste de Tukey a 5% de probabilidade. O processamento e a análise dos dados foram efetuados utilizando o software estatístico SPSS Statistics (IBM Corp.).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los tratamientos pregerminativos evaluados mostraron diferencias significativas en la tasa de germinación de *Brachystegia spiciformis* (Tabla 2). Durante el experimento, la temperatura media fue de 19 °C (máx. 20 °C; mín. 15 °C) y el sustrato utilizado fue arena humedecida, condiciones consideradas adecuadas para ensayos de germinación de

especies nativas (Marcos-Filho, 2015), por lo que las diferencias observadas pueden atribuirse principalmente a los tratamientos aplicados.

Entre los tratamientos evaluados, la escarificación mecánica (T3) presentó el mejor desempeño, con una germinación inicial de 12% al octavo día, alcanzando 73% al día 15 y 95% al día 29, lo que indica que el desgaste del tegumento favoreció la entrada de agua y oxígeno, superando eficazmente posibles barreras físicas. En contraste, la escarificación química con H₂SO₄ (T2) no promovió germinación en ninguna de las evaluaciones, lo que sugiere que este tratamiento no es adecuado para la especie. El testigo (T1) alcanzó 65% de germinación al final del experimento, mientras que la inmersión en agua a temperatura ambiente (T5) y en agua caliente (T4) presentaron valores inferiores, de 55% y 30%, respectivamente.

Estos resultados son consistentes con los de García et al., (2016), quienes al trabajar con *Annona muricata* L. reportaron que la escarificación mecánica fue el tratamiento más eficaz (87,5%), superando al testigo (55%) y a la inmersión en agua durante 24 h (47,5%), lo que refuerza la importancia del tipo de tratamiento en la ruptura de barreras físicas de la semilla.

No obstante, de acuerdo con Oyen y Louppe (2012) las semillas de *B. spiciformis* no presentan dormancia y pueden germinar completamente tras la imbibición, por lo que no requieren tratamientos pregerminativos. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio indican que la escarificación mecánica mejora significativamente la germinación, lo que sugiere la posible presencia de una restricción física parcial en el tegumento que puede afectar la velocidad y uniformidad del proceso germinativo.

Tabla 1 Taxa de germinação (%) de *B. spiciformis* submetida a diferentes tratamentos pré-germinativos ao longo do experimento.

Tratamiento	Descripción	Evaluaciones (días después de la instalación del experimento)			
		8 días	15 días	22 días	30 días
T1	Testigo	0 b	30 c	42 b	65 c
T2	H ₂ SO ₄	0 b	0 b	0 b	0 b
T3	Escarificación mecánica	12 a	73 a	89 a	95 a
T4	Inmersión en agua caliente	0 b	8 b	25 c	30 d
T5	Inmersión en agua a 25 °C	0 b	33 c	49 b	55 d

Medias seguidas de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

La respuesta de las semillas a los tratamientos aplicados fue evaluada mediante el índice de velocidad de germinación (IVG), el tiempo medio de germinación (TMG) y la velocidad media de germinación (VMG). El IVG permite evaluar la rapidez y uniformidad de la germinación, siendo su mayor valor indicativo de mejor calidad de semilla (Marcos-Filho, 2015); el TMG expresa el tiempo necesario para que ocurra la germinación, siendo inversamente proporcional a la velocidad; y el VMG refleja la tasa media diaria de germinación. El análisis conjunto de estos parámetros permite una comprensión más detallada de la eficiencia de los tratamientos en la superación de la dormancia.

Los resultados (Tabla 3) muestran que la escarificación mecánica (T3) presentó diferencia estadística significativa en todos los parámetros evaluados, con el mayor PG (95%) y el mayor IVG (6,72%), lo que sugiere que la remoción parcial del tegumento favoreció tanto la absorción de agua como el inicio de la germinación. Sin embargo, este tratamiento presentó el mayor TMG (45,76 días), posiblemente debido a variaciones en la profundidad del desgaste del tegumento, que alteraron el tiempo de absorción de agua por parte de las semillas.

Autores como Orwa et al., (2009), señalan que la germinación de esta especie mejora cuando las semillas son escarificadas mediante corte en el extremo distal de la testa. De igual forma, *Pterocarpus angolensis*, otra especie característica del miombo, ha sido objeto de estudios en los que se evaluaron tratamientos pregerminativos como escarificación mecánica, inmersión en agua caliente y ácido sulfúrico, observándose que el corte del tegumento y el uso de ácido sulfúrico incrementan significativamente la germinación en comparación con semillas no tratadas (Mojeremane et al., 2023)

La inmersión en agua a 25 °C (T5) presentó el menor TMG (21,48 días) y una VMG de 15,4 días, con PG de 71% e IVG de 3,79%, indicando que la hidratación previa aceleró el inicio de la germinación sin comprometer la viabilidad. El testigo (T1) mostró un comportamiento similar, con TMG de 23,79 días y VMG de 14,32 días, evidenciando que una parte de las semillas estaba fisiológicamente apta para germinar sin intervención. La inmersión en agua caliente (T4), a pesar de alcanzar 30% de PG, presentó el IVG más bajo entre los tratamientos con germinación (2,70%) y la menor VMG (11,21 días), lo que sugiere que el choque térmico pudo haber afectado la viabilidad de algunas semillas. El tratamiento con H₂SO₄ (T2) no registró germinación en ninguna evaluación, con PG, IVG, TMG y VMG iguales a cero, confirmando su ineficacia para esta especie.

De forma general, los tratamientos con mayores tasas de germinación tendieron a presentar también una germinación más rápida, con excepción de T3, cuyo elevado TMG contrasta con su alto PG e IVG.

Tabla 3. Porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, tiempo medio de germinación y velocidad media de germinación.

<i>Tratamientos</i>	<i>Descripción</i>	<i>PG (%)</i>	<i>IVG (%)</i>	<i>TMG (días)</i>	<i>VMG (días)</i>
T1	Testigo	65 b	3,34 b	23,79 b	14,32 b
T2	H ₂ SO ₄	0 d	0,00 c	0 c	0,00 c
T3	Escarificación mecánica	95 a	6,72 a	45,76 a	17,12 a
T4	Inmersión en agua caliente	30 c	2,70 b	24,4 b	11,21 b
T5	Inmersión en agua a 25 °C	71 b	3,79 b	21,48 b	15,4 b

Medias seguidas de la misma letra en la columna no difieren estadísticamente entre sí según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Los resultados presentados en la Tabla 3 son consistentes con lo reportado en la literatura para especies de la familia Fabaceae. En relación a la escarificación química con H₂SO₄ (T2), la ausencia total de germinación coincide con lo señalado por Baskin y Baskin (2014), quienes indican que la dormancia de *B. spiciformis* no está asociada exclusivamente a la impermeabilidad del tegumento, sino posiblemente a factores fisiológicos internos (Carvalho y Nakagawa, 2012). Resultados similares han sido documentados en otras leguminosas tropicales, donde la escarificación química con ácido sulfúrico resultó ineficaz, reforzando la hipótesis de que la dormancia en esta especie responde a mecanismos más complejos que la simple barrera física del tegumento (Baskin y Baskin, 2014).

En contraste, la escarificación mecánica (T3) presentó el mejor desempeño entre todos los tratamientos evaluados, con el mayor PG (95%) e IVG (6,72%), resultados que coinciden con lo reportado por Baskin y Baskin (2014), quienes señalan que las semillas de leguminosas tropicales frecuentemente presentan tegumento duro, siendo la escarificación mecánica un método eficaz para superar la dormancia física.

En el mismo sentido, Olbana et al., (2023) demostraron que técnicas de escarificación mecánica con lija crean aberturas en la superficie de la semilla que incrementan su permeabilidad al agua, lo que explica el mejor desempeño de T3 en el presente estudio.

Resultados similares fueron reportados por Montaña-Arias et al., (2022) con especies de *Mimosa* (Fabaceae), quienes también encontraron los mayores valores de IVG en semillas escarificadas mecánicamente. Asimismo, Wen et al., (2024) destacan que la dormancia física en leguminosas está estrechamente vinculada a la impermeabilidad del tegumento y que su remoción parcial mediante abrasión favorece tanto el porcentaje como la velocidad de germinación, comportamiento semejante al observado en T5 (IVG de 3,79%).

El mayor TMG registrado en T3 (45,76 días) puede estar relacionado con la heterogeneidad en el grado de desgaste del tegumento entre semillas, generando variación en el tiempo de absorción de agua. Este comportamiento ha sido documentado en otras

leguminosas arbóreas como *Cariniana legalis* y *Caesalpinia pyramidalis*, donde la irregularidad en la escarificación también incrementó el tiempo medio de germinación (Carvalho y Nakagawa, 2012).

La escarificación mecánica (T3) presentó la mayor VMG (17 días), lo que sugiere que, además de incrementar el porcentaje de germinación, este método favorece una germinación más uniforme. Resultados similares fueron reportados por Wen et al., (2024) en leguminosas con dormancia física, donde la abrasión del tegumento redujo la variabilidad en el tiempo de germinación entre semillas del mismo lote.

La inmersión en agua a 25 °C por 24 horas (T5) también resultó eficiente, alcanzando 71% de germinación, el menor TMG (21,48 días) y una VMG relativamente alta (15 días), lo que indica que la hidratación previa aceleró el proceso germinativo sin comprometer la viabilidad de las semillas. Este comportamiento sugiere que el ablandamiento gradual del tegumento favorece la superación de la dormancia física, tal como señalan Olbana et al., (2023) para leguminosas de tegumento impermeable, mediante la activación del metabolismo germinativo.

Por otro lado, la inmersión en agua caliente (T4) presentó baja eficiencia (30% de germinación), lo que podría atribuirse a daños térmicos en el embrión. Wen et al., (2024) indican que la exposición térmica puede ser insuficiente o perjudicial dependiendo de la estructura del tegumento y el tiempo de inmersión, comportamiento que coincide con lo observado en el presente estudio.

No obstante, la respuesta a los tratamientos pregerminativos puede variar entre especies en función de factores como la composición del tegumento y las exigencias fisiológicas propias de cada taxón (Baskin y Baskin, 2014), lo que explicaría las diferencias en TMG entre los tratamientos evaluados en el presente estudio.

4. CONCLUSIONES

La escarificación mecánica fue el tratamiento más eficaz para la superación de la dormancia en semillas de *B. spiciformis*, al presentar el mayor porcentaje de germinación y el mejor desempeño germinativo en términos de velocidad.

La inmersión en agua caliente (100 °C) mostró resultados limitados, por lo que no se recomienda como método pregerminativo para esta especie, debido al posible daño térmico al embrión.

En conjunto, los resultados confirman la utilidad de tratamientos físicos para optimizar la germinación de esta especie, lo que puede contribuir a su propagación y a futuros programas de restauración ecológica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Ameja, L. G.; Ribeiro, N. S.; Siteo, A.; Guillot, B. *Regeneration and restoration status of miombo woodland following land use changes in Mozambique*. Trees, Forests and People. No se especifica edición. No se indica fascículo. Amsterdam: Elsevier, 2022.

Baskin, Cary C.; Baskin, Jerry M. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 2014.

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*. 5ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

Castanheira Diniz, A. *Características mesológicas de Angola*. Lisboa: IPAD, 2006.

Chidumayo, E. N. *Forest degradation and recovery in a miombo woodland landscape in Zambia: 22 years of observations on permanent sample plots*. Forest Ecology and Management. Vol. 291. Amsterdam: Elsevier, 2013.

FAO. *Global Forest Resources Assessment 2015*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015.

FAO. *Global Forest Resources Assessment 2020*. Roma: FAO, 2020.

García, J.; Pérez, A.; Rodríguez, M. *Efecto de tratamientos para la superación de dormencia en semillas de Annona muricata L*. Revista Brasileira de Fruticultura. Vol. 38, n.º 2. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2016.

Marcos-Filho, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2ª ed. Londrina: ABRATES, 2015.

Mojeremane, W.; Makgobota, K.; Teketay, D.; et al. *Seed characteristics and the influence of scarification treatments on the germination of Pterocarpus angolensis*. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. Vol. 11, 2023.

Montaño-Arias, S. A.; Camargo-Ricalde, S. L.; Grether, R.; Díaz-Pontones, D. *Seed morphology, anatomy and histochemistry in two Mexican species of Mimosa (Leguminosae)*. Flora. Vol. 288. Amsterdam: Elsevier, 2022.

Olbana, T.; Hay, F. R.; Negawo, A. T.; Muchugi, A.; Jones, C. S. *Seed dormancy breaking and germination in Bituminaria species*. Seed Science Research. Vol. 33, n.º 1. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.

Oliveira, A. E.; Wendling, B.; Ericsson, D. B.; Xavier, M. D.; Xavier, A. *Métodos de propagação e factores que interferem na germinação das principais leguminosas nativas do Cerrado*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2020.

Orwa, C.; Mutua, A.; Kindt, R.; Jamnadass, R.; Anthony, S. *Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0*. Nairobi: World Agroforestry Centre (ICRAF), 2009.

Oyen, L. P. A.; Louppe, D. *Brachystegia spiciformis Benth.* PROTA4U. Wageningen: Plant Resources of Tropical Africa, 2012.

Sanfilippo, M. *Trinta árvores e arbustos do miombo angolano*. Firenze: COSPE, 2014.

Wen, Z.; Lu, X.; Wen, J.; Wang, Z.; Chai, M. *Physical seed dormancy in legumes: Molecular advances and perspectives*. Plants. Vol. 13, n.º 11. Basel: MDPI, 2024.