



## Efeitos de diferentes tratamentos na germinação de *Terminalia australis* Cambess. (Combretaceae)

## Effects of different treatments on the germination of *Terminalia australis* Cambess. (Combretaceae)

Marcos Vinicius Vizioli Klaus<sup>a,b</sup>, Mara Cíntia Winhelmann<sup>a</sup>, Julia Gastmann<sup>a</sup>, Amanda Pastório Borges<sup>a</sup>, Rodrigo Gastmann<sup>a</sup>, Leonardo de Oliveira Neves<sup>a</sup>, Ana Paula Jaeger Bittencourt<sup>a</sup>, Elisete Maria de Freitas<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade do Vale do Taquari-Univates, Av. Avelino Talini, n. 171, Universitário, Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil. CEP: 95914-014. E-mail: [marcos.klaus@universo.univates.br](mailto:marcos.klaus@universo.univates.br), [marawinhelmann@gmail.com](mailto:marawinhelmann@gmail.com), [julia.gastmann@universo.univates.br](mailto:julia.gastmann@universo.univates.br), [amanda.borges@universo.univates.br](mailto:amanda.borges@universo.univates.br), [rodrigo.gastmann@universo.univates.br](mailto:rodrigo.gastmann@universo.univates.br), [leonardo.neves@universo.univates.br](mailto:leonardo.neves@universo.univates.br), [ana.jaeger@universo.univates.br](mailto:ana.jaeger@universo.univates.br), [elicauf@univates.br](mailto:elicauf@univates.br).

<sup>b</sup> Universidade Regional de Blumenau-FURB, Rua Antônio da Veiga, n. 140, Itoupava Seca, Blumenau, Santa Catarina, Brasil. CEP: 89030-903.

### ARTICLE INFO

Recebido 16 Jan 2024

Aceito 26 Jan 2025

Publicado 17 Fev 2025

### ABSTRACT

*Terminalia australis* Cambess. is native to Brazil, occurring on riverbanks, and is important for riverside restoration. It has indehiscent and woody fruit (diaspores) with rare studies on germination. This study aimed to evaluate the efficiency of treatments to aid the germination of *T. australis*. The results of 12 treatments in germination were evaluated: control (T1); immersion in water for different periods (T2, T3, T4); cuts on the sides of the diaspore without (T5) and with water immersion (T6, T7, T8); and mechanical scarification without (T9) and with water immersion (T10, T11, T12). The diaspores were distributed in tubes with commercial substrate and sand in a completely randomized design. The parameters evaluated were germination start (IG), percentage (%G), average time (TMG) and speed index (IVG), seedling formation percentage (%FP), average time (TMFP), and speed index (IVFP). Cutting the sides without immersion in water was the most effective treatment (T5), improving the %G and %FP of *T. australis*.

**Keywords:** Diaspore cutting, scarification, water immersion, riparian forest, sarandi-amarelo.

### RESUMO

*Terminalia australis* Cambess. é nativa do Brasil com ocorrência em margens de rios e importante para restauração ribeirinha. Possui frutos indeiscentes e lenhosos (diásporos) sendo raros os estudos sobre sua germinação. Este estudo objetivou avaliar a eficiência de tratamentos para auxiliar na germinação de *T. australis*. Foram avaliados os efeitos de 12 tratamentos na germinação: controle (T1); imersão em água por diferentes períodos (T2, T3, T4); cortes nas laterais do diásporo sem (T5) e com imersão em água (T6, T7, T8); e escarificação mecânica sem (T9) e com imersão em água (T10, T11, T12). Os diásporos foram distribuídos em tubetes com substrato comercial e areia em delineamento inteiramente casualizado. Foram analisados os parâmetros: início (IG), porcentagem (%G), tempo médio (TMG) e índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem (%FP), tempo médio (TMFP) e índice de velocidade de formação de plântulas (IVFP). O corte nas laterais sem imersão em água foi o tratamento mais eficaz (T5), melhorando a %G e %FP de *T. australis*.

**Palavras-Chave:** Corte em diásporo, escarificação, imersão em água, mata ciliar, sarandi-amarelo.



## Introdução

O bioma Mata Atlântica é considerado um dos mais importantes do mundo pela sua grande biodiversidade com elevado número de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção, sendo também um dos mais ameaçados, e devido a isso, um dos 25 *hotspots* para conservação no planeta (Mittermeier et al., 2011; Myers et al., 2000; Safar et al., 2020; Gerber et al., 2023). Devido à gravidade da situação, na Conferência das Partes (COP26) o Brasil assumiu o compromisso de desmatamento zero até 2030 e a meta de restauração de 12 milhões de hectares de vegetação nativa no país (Crouzeilles et al., 2019; COP26, 2021; Barros et al., 2023). No entanto, são necessários esforços urgentes na restauração do bioma que entre 2021 e 2022 perdeu 200 km<sup>2</sup> de cobertura florestal (Mapbiomas, 2023).

A ação antrópica exerce um impacto direto sobre um dos ecossistemas-chave da Mata Atlântica, as florestas ribeirinhas ou de galerias, que geralmente, são as principais vítimas da degradação devido à urbanização, construção de represas, estradas e expansão de atividades agrícolas, pecuárias e pastagens, apesar da importância que exercem (Kuntschik et al., 2011; Martins, 2014). As florestas ribeirinhas protegem o solo, evitando deslizamentos, além de servirem como corredores ecológicos, permitindo a passagem de espécies de fragmentos florestais degradados, mantendo o fluxo gênico e facilitando a disseminação de sementes (Kuntschik et al., 2011; Martins, 2014). Estas florestas também são fundamentais para a qualidade da água e recarga de aquíferos, visto que sua vegetação reduz a velocidade do escoamento das chuvas, retendo e liberando gradativamente a água para o corpo hídrico e o lençol freático (Kuntschik et al., 2011; Martins, 2014). Assim, o plantio e a semeadura comumente são utilizados em associação a outras técnicas para a restauração a longo prazo de florestas ribeirinhas (Castro et al., 2012). Para o sucesso na execução destas técnicas, é necessário selecionar adequadamente as espécies nativas de ocorrência local devido às adaptações que apresentam ao ambiente (Castro et al., 2012).

Nesse sentido, *Terminalia australis* Cambess. (Combretaceae), conhecida popularmente como “sarandi-amarelo”, é uma espécie arbórea nativa do bioma Mata Atlântica, com grande potencial para restauração (Ribeiro et al., 2023), com registros na Argentina, Paraguai, Uruguai e Brasil (Carvalho, 2014). A espécie é considerada reófito por estar confinada às margens de córregos e rios (Köhler et al., 2016). *Terminalia australis* possui caule de casca cinza-avermelhada, folhas alternas, estreitamente elípticas a oblongo-

elípticas, de base cuenada e ápice agudo, comumente com apículo ou arredondada, tomentosas quando jovens, e pubescentes quando adultas, congestionadas no ápice dos ramos, inflorescências em forma de espigas axilares ou terminais, flores amarelo-esverdeadas e frutos betulídios com duas alas laterais elipsóides, menores que a largura do corpo, glabras a pubescentes (Linsingen et al. 2009; Köhler et al., 2016).

Além disso, a espécie apresenta ramos flexíveis, madeira com boa durabilidade e resistência às condições ambientais adversas, o que permite sua sobrevivência nas margens de rios, devido a menor resistência ao fluxo pluvial oferecida por tais características, contribuindo na contenção de taludes (Köhler et al., 2016; Lorenzi, 2021). Diante disso, tem potencial para a restauração de florestas ribeirinhas, no entanto, existem poucos estudos referentes à germinação e produção de mudas da espécie, havendo rara disponibilidade de mudas para plantio. Isso remete à necessidade de estudos que definam formas adequadas para a produção de mudas.

Na maioria das espécies, as sementes precisam ser extraídas dos frutos para seu uso (Galvão & Medeiros, 2002), no entanto, na família Combretaceae é comum a presença de frutos betulídios ou drupáceos indeiscentes (Soares Neto et al., 2014), podendo haver dificuldades na extração das sementes, sendo os frutos usados diretamente na semeadura ou armazenamento (Galvão & Medeiros, 2002). Aliado a isso, várias espécies do gênero *Terminalia* possuem dormência física (Baskin & Baskin, 2014). Nestes casos, a abertura natural dos frutos, causada pelo ambiente, permite a entrada de água que precede a germinação (Baskin & Baskin, 1998). O corte e a escarificação mecânica são alternativas que podem ser utilizadas para facilitar a entrada de água nas sementes visando a superação da dormência física (Baskin & Baskin, 1998), além da embebição em água, que, como indicado por Ibe et al. (2015), em seu estudo com *Terminalia ivorensis* A.Chev., melhora a germinação. Até o momento não foram encontradas informações na literatura sobre a germinação de *T. australis*. Neste sentido, partimos do pressuposto de que a imersão em água dos diásporos de *T. australis* auxilia na germinação, pois simula o que ocorre no ambiente ao ser dispersa por hidrocoria. Ou ainda, que a escarificação ou o corte lateral dos diásporos pode favorecer a entrada da água e facilitar o processo germinativo. Sendo assim, este estudo objetivou avaliar a eficiência de tratamentos para auxiliar na germinação de *T. australis*.

## Material e Métodos

Em março de 2020 foram coletados frutos de *T. australis* de indivíduos existentes nas margens do arroio Forquetinha, área ribeirinha no município de Forquetinha (29°22'39.42"S e 59°06'22.86"O), Rio Grande do Sul, Brasil. Estes foram armazenados em sacos tipo zip e conservados em refrigerador a  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  até junho de 2020, quando foram submetidos a 12 tratamentos (Tabela 1), considerando alterações no diásporo (sem alteração, corte nas duas laterais e escarificação mecânica) (Figura 1A-C) e imersão em água na temperatura ambiente ( $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ) em diferentes tempos (18 h, 36 h e 72 h). A embebição dos diásporos em água foi realizada com o intuito

de simular o que ocorre com estes ao caírem da planta mãe e, em períodos de cheias, ficam imersos na água do rio por alguns dias até o nível da água voltar ao normal. Os cortes foram realizados a  $\pm 2,5$  mm no sentido longitudinal do diásporo, em ambas as alas laterais deste, utilizando tesoura de poda. A escarificação mecânica foi realizada em escarificador de sementes DeLeo® 10NE56 com lixa amarela n° A50 por cinco segundos a 1745 rotações por minuto (rpm). Para cada escarificação foram usados 100 mL de diásporos. O corte e a escarificação mecânica foram realizados com o objetivo de abrir fissuras no diásporo e facilitar a entrada de água nas sementes.

Tabela 1. Tratamentos utilizados para germinação de diásporos de *Terminalia australis* Cambess. (Combretaceae). Fonte: Klaus et al. (2023).

Tratamento	Alteração no Diásporo	Tempo de Imersão em Água	Resumo da descrição do tratamento
T1	Sem alteração	Sem imersão	Controle
T2	Sem alteração	18 h	H <sub>2</sub> O/18h
T3	Sem alteração	36 h	H <sub>2</sub> O/36h
T4	Sem alteração	72 h	H <sub>2</sub> O/72h
T5	Corte nas laterais	Sem imersão	Corte
T6	Corte nas laterais	18 h	Corte+H <sub>2</sub> O/18h
T7	Corte nas laterais	36 h	Corte+H <sub>2</sub> O/36h
T8	Corte nas laterais	72 h	Corte+H <sub>2</sub> O/72h
T9	Escarificação	Sem imersão	Escarificação
T10	Escarificação	18 h	Escarificação+H <sub>2</sub> O/18h
T11	Escarificação	36 h	Escarificação+H <sub>2</sub> O/36h
T12	Escarificação	72 h	Escarificação+H <sub>2</sub> O/72h



Figura 1. Diásporos de *Terminalia australis* Cambess. sem alteração (a), utilizados no tratamento controle (T1) e com imersão em água (T2, T3 e T4); (b) diásporos com cortes de  $\pm 2,5$  mm no sentido longitudinal nas duas laterais,

utilizados nos tratamentos T5, T6, T7, T8; (c) diásporos após escarificação mecânica utilizados nos tratamentos T9, T10, T11 e T12. Barras: a-c = 1 mm. Fonte: Klaus et al. (2023).

Em seguida, cada diásporo foi semeado em um tubete com capacidade de 110 cm<sup>3</sup>, em delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes por tratamento, totalizando 100 sementes em cada tratamento. Foi utilizado um substrato comercial à base de turfa (Carolina Soil®) e areia, na proporção de 2:1. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com sistema de irrigação por nebulização. O ambiente foi monitorado com um termohigrômetro automático AK174 Akso® que registrou a leitura de temperatura (T) e de umidade relativa do ar (UR) a cada 15 min (Figura 2). O acompanhamento da umidade do substrato foi realizado semanalmente, com três leituras por tratamento, utilizando o Sensor de Umidade e Temperatura do Solo ThetaProbe ML3®. O acompanhamento da germinação foi realizado duas vezes por semana durante 126 dias, até que

nenhuma germinação foi observada após oito avaliações consecutivas. Em cada avaliação foi considerado o número de sementes germinadas, sendo considerada a presença de folhas cotiledonares acima do substrato. Também foi acompanhado o número de plântulas formadas por repetição, sendo considerada plântula quando apresentava uma folha verdadeira. Foram definidos os parâmetros: início da germinação (IG) em dias, sendo contabilizado o primeiro dia decorrido da instalação do experimento e o percentual de germinação (%G). Após, foi calculado o tempo médio de germinação (TMG) em dias (Silva & Nakagawa, 1995); o índice de velocidade de germinação (IVG), obtido a partir do número de sementes germinadas em cada avaliação, dividido pelo tempo correspondente desde a sementeira. O resultado foi dividido pelo número total de sementes germinadas em cada repetição, seguindo a fórmula proposta por Silva & Nakagawa (1995), modificada conforme Santana & Ranal (2004); percentual de formação de plântulas (%FP), tempo médio de formação de plântulas (TMFP) em dias e índice de velocidade de formação de plântulas (IVFP) (Silva & Nakagawa, 1995, modificado por Santana & Ranal, 2004).

Os dados foram submetidos, inicialmente, ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. As variáveis IG, %G e %P não passaram na normalidade e não puderam ser transformadas, sendo analisadas pelo teste não paramétrico de

Kruskal-Wallis e Dunn-Bonferroni para comparação de médias ( $p < 0,05$ ). As demais variáveis TMG, IVG, TMFP e IVFP passaram na normalidade por Shapiro-Wilk e foram analisadas através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para a comparação de médias ( $p < 0,05$ ), utilizando o *software* estatístico R 4.2.2. As médias da umidade do substrato foram submetidas à ANOVA em esquema bifatorial (meses x tratamento). Após, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de probabilidade de erro de 5% pelo programa estatístico SigmaPlot 14.5. Adicionalmente, foi aplicada a correlação de Pearson para os resíduos das variáveis %G e a umidade do substrato, ao longo do experimento, por meio do *software* Costat 6.45.

## Resultados

O início da germinação (IG) ocorreu em média geral de 13,48 dias (Tabela 2). O menor tempo de germinação foi observado nos tratamentos T10 (escarificação+H<sub>2</sub>O/18h) e T12 (escarificação+H<sub>2</sub>O/72h), que iniciaram com apenas 3,50 e 3,25 dias, respectivamente, e não diferiram entre si. Os tratamentos T5 (corte) e T7 (corte+H<sub>2</sub>O/36h) foram os que levaram mais tempo para iniciar a germinação (22,50 e 21,75 dias, respectivamente), também sem diferença estatística. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários, variando entre 4,50 e 20,75 dias.

Tabela 2. Médias de início da germinação (IG), porcentagem de germinação (%G), tempo médio de germinação (TMG), índice de velocidade de germinação (IVG), porcentagem de formação de plântulas (%FP), tempo médio de formação de plântulas (TMFP) e índice de velocidade de formação de plântulas (IVFP) de *Terminalia australis* Cambess. (Combretaceae) após passar por diferentes tratamentos antes da sementeira. Fonte: Klaus et al. (2023).

Tratamento	IG dias	%G	TMG dias	IVG	%FP	TMFP dias	IVFP
T1	18,75 ab	75,00 ab	73,07 d	0,0131 a	34,25 ab	95,39 b	0,0104 a
T2	17,25 ab	69,00 ab	62,68 cd	0,0170 ab	67,00 ab	86,26 ab	0,0119 ab
T3	13,00 ab	52,00 ab	55,35 abc	0,0192 bc	50,00 ab	81,29 ab	0,0128 ac
T4	11,75 ab	47,00 ab	52,87 abc	0,0199 bc	47,00 ab	78,65 a	0,0131 ac
T5	22,50 a	90,00 a	55,24 abc	0,0191 bc	80,00 a	81,00 ab	0,0127 ac
T6	20,75 ab	83,00 ab	56,39 abc	0,0188 ac	81,00 a	83,07 ab	0,0124 ac
T7	21,75 a	87,00 a	59,32 bd	0,0179 ac	75,00 ab	85,93 ab	0,0120 ac
T8	18,75 ab	75,00 ab	54,23 abc	0,0192 bc	65,00 ab	80,66 ab	0,0127 ac
T9	6,00 ab	24,00 ab	48,17 abc	0,0221 bc	23,00 ab	72,11 a	0,0143 bc
T10	3,50 b	14,00 b	45,62 ab	0,0224 bc	14,00 ab	75,65 a	0,0136 bc
T11	4,50 ab	18,00 ab	43,77 a	0,0231 c	17,00 ab	70,18 a	0,0146 c
T12	3,25 b	13,00 b	45,96 ab	0,0228 bc	11,00 b	73,21 a	0,0139 bc
<b>Média geral</b>	<b>13,48</b>	<b>53,92</b>	<b>54,39</b>	<b>0,0196</b>	<b>47,02</b>	<b>80,28</b>	<b>0,0129</b>

\*Letras iguais na mesma coluna representam médias estatisticamente iguais segundo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para os parâmetros TMG, IVG, TMFP e IVFP ou pelo teste Dunn-Bonferroni ( $p < 0,05$ ) para os parâmetros IG, %G e %P.

Considerando a variável porcentagem de germinação (%G) (Tabela 2), a média geral foi 53,92%. Os tratamentos T5 (corte) e T7 (corte+H<sub>2</sub>O/36h) não diferiram entre si e apresentaram os maiores valores para esta variável (90 e 87%, respectivamente). Os tratamentos T10 (escarificação+H<sub>2</sub>O/18h) e T12 (escarificação+H<sub>2</sub>O/72h) não tiveram diferença estatística entre si e apresentaram a menor %G (14 e 13%, respectivamente). Novamente, os demais tratamentos não diferiram entre si para esta variável e apresentaram variação entre 18 e 83% de germinação.

O comportamento do tempo médio de germinação (TMG) e do índice de velocidade de germinação (IVG) foi semelhante, onde T11 (escarificação+H<sub>2</sub>O/36h) apresentou o menor TMG (43,77 dias) e o maior IVG (0,0231) em relação aos demais tratamentos, diferindo significativamente do T1 (controle), que apresentou o maior TMG (73,07 dias) e o menor IVG (0,0131). Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários, com variação de 45,62 a 62,68 dias para TMG e de 0,0170 a 0,0228 para IVG.

Em relação à porcentagem de formação de plântulas (%FP), a maioria dos tratamentos apresentou comportamento parecido estatisticamente. Porém, os tratamentos T5 (corte) e T6 (corte+H<sub>2</sub>O/18h) apresentaram as maiores porcentagens (80 e 81%, respectivamente), enquanto o tratamento T12 (escarificação+H<sub>2</sub>O/72h) apresentou 11% de FP,

sendo o menor valor observado entre os diferentes tratamentos.

O tempo médio de formação de plântula (TMFP) teve média geral de 80,28 dias, onde o tratamento T1 (controle) apresentou 95,39 dias para esta variável, sendo o maior valor registrado. E o índice de velocidade de formação de plântulas (IVFP) teve comportamento semelhante ao TMFP, com destaque negativo para T1 (controle), com menor valor (0,0104). T11 (escarificação+H<sub>2</sub>O/36h) apresentou o maior valor (0,0146).

A temperatura (T) e a umidade relativa do ar (UR) registraram média de 17,6% e 99,9%, respectivamente (Figura 2). Com relação à umidade do substrato (Tabela 3), o mesmo apresentou média geral de 31,63%, não havendo interação entre o mês de cultivo e o tratamento de germinação. No mês de junho foi verificada maior porcentagem de umidade no substrato (32,54%) quando comparado ao mês de setembro (30,75%), julho e agosto apresentaram valores intermediários (31,49% e 31,77%, respectivamente). A umidade do substrato foi menor no tratamento T5 (corte) (26,93%) (Tabela 3), sendo que este tratamento apresentou alta correlação positiva com a %G (Tabela 4). Embora os tratamentos T2 (H<sub>2</sub>O/18h) e T8 (corte+H<sub>2</sub>O/72h) também tenham apresentado correlação positiva significativa entre a umidade do substrato e a %G, esta foi menor do que a correlação do tratamento T5 (corte) (Tabela 4) e a umidade do substrato destes dois tratamentos foi maior do que a verificada no tratamento T5 (corte) (Tabela 4).

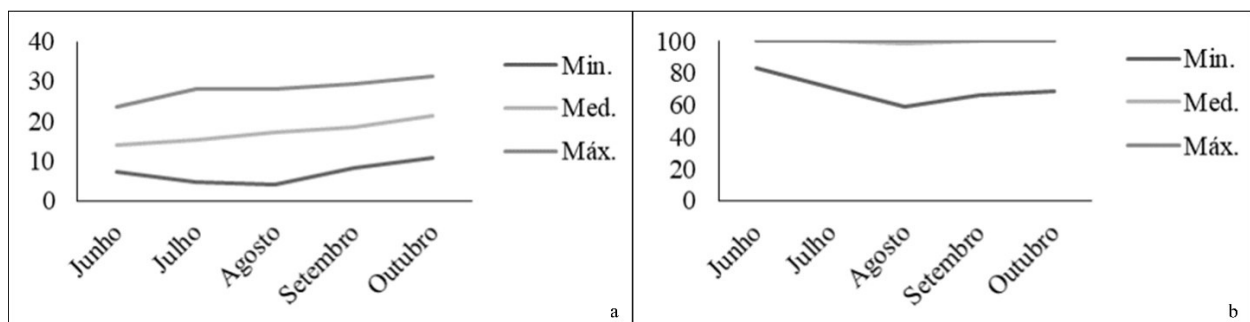


Figura 2. Variação da temperatura mínima, média e máxima (a) e da umidade relativa do ar, mínima, média e máxima (%) (b) durante o período de germinação de *Terminalia australis* Cambess. em casa de vegetação. Fonte: Klaus et al. (2023).

Tabela 3. Umidade do substrato (%) para cada tratamento durante o período de germinação de sementes de *Terminalia australis* Cambess. Fonte: Klaus et al. (2023).

Mês	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	Média por mês
Jun	32,68	32,15	33,73	32,93	28,53	33,30	33,60	30,33	32,03	34,10	33,90	33,18	32,54 a
Jul	33,70	32,65	31,45	31,15	25,23	32,45	29,83	30,60	33,33	33,58	32,33	31,53	31,49 ab
Ago	32,83	31,70	31,65	30,83	27,80	32,78	33,33	30,53	32,58	34,20	31,45	31,50	31,77 ab
Set	31,88	32,95	32,13	28,83	26,15	32,50	30,38	28,55	31,45	33,30	30,55	30,33	30,75 b
<b>Média por tratamento</b>	<b>32,77</b>	<b>32,36</b>	<b>32,24</b>	<b>30,94</b>	<b>26,93</b>	<b>32,76</b>	<b>31,79</b>	<b>30,00</b>	<b>32,35</b>	<b>33,80</b>	<b>32,06</b>	<b>31,64</b>	<b>31,63</b>

\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4. Correlação de Pearson entre índice de germinação e umidade do substrato para os diferentes tratamentos em germinação de diásporos de *Terminalia australis* Cambess. Fonte: Klaus et al. (2023).

Tratamento	Correlação de Pearson	p valor
T1	-0,77	0,23 ns
T2	0,96	0,04 *
T3	0,54	0,46 ns
T4	-0,23	0,77 ns
T5	1,00	<0,001 *
T6	-0,68	0,32 ns
T7	0,29	0,71 ns
T8	0,97	0,03 *
T9	-0,83	0,17 ns
T10	0,07	0,93 ns
T11	0,95	0,05 ns
T12	-0,66	0,34 ns

ns=não significativo; \*significativo ( $p < 0,05$ ).

## Discussão

Os tratamentos com o corte nas laterais, com e sem imersão em água (T5, T6 e T7), mostraram ser os mais eficientes para as variáveis %G e %FP de *T. australis*. Apesar de demonstrarem grande eficiência na redução do tempo necessário para iniciar a germinação, os tratamentos de escarificação mecânica (T10 e T12) apresentaram os menores índices de formação de plântulas (%FP). Métodos de escarificação mecânica com utilização de máquinas, como realizado neste estudo, funcionam bem para sementes pequenas de revestimento fino, diferindo quando o revestimento da semente é mais duro (Baskin & Baskin, 1998), como é o caso da espécie deste estudo. Devido ao tempo necessário para a escarificação manual de sementes, este método torna-se inviável em *T. australis*. Além disso, a escarificação mecânica, apesar de ter acelerado o início da germinação e o tempo médio de germinação, pode ter danificado os tecidos internos das sementes, tornando-as inviáveis pelo fato da porcentagem de formação de plântulas ter reduzido, significativamente, nestes tratamentos. De forma semelhante, Amponsah et al. (2018) verificaram que a escarificação mecânica inviabilizou totalmente a germinação das sementes de *T. ivorensis*, o que não ocorreu com *T. superba* Engl. & Diels, cuja germinação neste tratamento foi de 54%. O melhor tratamento para ambas as espécies foi imersão em solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M por 10 min (84% de germinação para *T. superba* e 37% para *T. ivorensis*, contra 32% e 20% nos controles, respectivamente) (Amponsah et al., 2018). Dano

semelhante e consequente inviabilidade das sementes também pode ter ocorrido com *T. bellirica* (Gaertn.) Roxb, cujo tratamento com escarificação química (10% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por 10 min) apresentou apenas 1% de germinação (Kumar, 2016), contrapondo 14% do controle e 47,5% do tratamento por remoção da polpa e imersão em água por 24 h. Este último tratamento foi semelhante aos utilizados no presente estudo com *T. australis*.

Ainda em *T. superba* e *T. ivorensis*, o TMG ficou entre 14 e 19 dias e 20 e 29 dias, respectivamente (Amponsah et al., 2018), valores muito inferiores aos obtidos com *T. australis*, que variou de 43,77 e 73,07 dias. *Terminalia chebula* Retz. teve um período de germinação entre 29 e 86 dias, com maior número de germinações entre 52 e 61 dias (Hossain et al., 2005), mais próximo do TMG de *T. australis*. *Terminalia laxiflora* Engl. também não germinou com tratamento de escarificação mecânica com ou sem armazenamento no estudo de Mewded et al. (2019) e, diferente do que foi verificado no presente estudo com *T. australis*, não houve germinação sem armazenamento no tratamento controle (sem tratamento) e quando imersas em água na temperatura ambiente (24 h). Só constataram germinação depois de armazenagem dos diásporos a 10°C por dois anos (43% e 64% de germinação, respectivamente). Nesta espécie também foi testada imersão em água a 75°C por 5, 10 e 15 min, obtendo os melhores resultados tanto com armazenamento (53%, 58% e 75%, respectivamente) quanto sem armazenamento (56%, 80% e 60%, respectivamente) (Mewded et al., 2019).

*Terminalia chebula* alcançou germinação de 78,88% após imersão em água por 48 h, semelhante aos tratamentos com imersão em água deste estudo, comparado a 51,11% do controle (sem tratamento) (Shekhar et al., 2022). Com *Terminalia brownii* Fresen. A germinação só ocorreu quando realizado corte no diásporo, na região distal ou proximal, após embebição por 24 h em água (de 2 a 35% de germinação, a depender da procedência). Diásporos inteiros ou diásporos sem a ala (48 h imersas em água) e sementes extraídas do fruto (24 h imersas em água) não germinaram mesmo após 60 dias (Okeyo et al., 2020).

Em comparação a estes outros estudos com espécies do gênero *Terminalia*, nosso estudo registrou porcentagens de germinação maiores, com 75% no tratamento controle (T1) e até 90% no tratamento em que se efetuou o corte nas laterais dos diásporos (T5). Mesmo que o controle tenha

alcançado alta taxa de germinação, a %FP foi baixa (34,25%), o que significa dizer que menos da metade das sementes que germinaram realmente chegaram a formar plântulas. Os tratamentos com corte nas laterais sem ou com imersão em água (T5 e T6) tiveram a maior %FP, sendo estes valores muito próximos do valor de %G, indicando maior eficiência destes tratamentos para a espécie.

Sabe-se que *T. ivorensis*, *T. superba*, *T. bellirica* e *T. chebula* possuem dormência física (Baskin & Baskin, 2014), o que justificaria as baixas porcentagens de germinação sem tratamento prévio das sementes. Quanto a *T. australis*, não há estudos sobre a dormência das sementes, enquanto os resultados com o tratamento controle (T1) aqui obtidos sugerem que elas não a possuem, contudo é importante ressaltar que foi observada a presença de orifícios nos diásporos, provavelmente provocados por insetos, auxiliando a entrada de água na semente, favorecendo a germinação neste tratamento. Dessa forma, são necessários mais estudos com essa espécie para confirmar a presença de dormência física.

Aliado a isso, foi observado que no tratamento T5, a umidade do substrato ficou inferior aos demais tratamentos, provavelmente em consequência do corte no diásporo que pode ter facilitado a entrada de água no mesmo, reduzindo a umidade do substrato. Fato este comprovado pela alta correlação positiva com a germinação. Desta forma também são necessários mais estudos no que se refere à ecologia da espécie e o comportamento dos diásporos após a dispersão pela planta mãe. Sabe-se que os frutos são dispersos diretamente na água e as alas laterais possibilitam a flutuação, mantendo o contato contínuo do diásporo com a água, favorecendo o amolecimento do tegumento e a germinação.

É importante ressaltar que cortes nas laterais, com e sem imersão em água (T5 e T6), além de favorecer a germinação, contribuíram para a alta taxa de formação de plântulas, provavelmente pelo fato do orifício do corte ter facilitado a saída da radícula e do epicótilo. Esta é a situação que se quer alcançar, visto que, na prática, altas taxas de germinação nem sempre culminam com o estabelecimento de mudas. Do ponto de vista prático, na obtenção de mudas de *T. australis*, estudos como estes contribuem para a conservação da espécie, além de fornecer informações para a produção de mudas, visando sua utilização em projetos de restauração ecológica de margens de rios.

## Conclusão

O tratamento mais eficiente para a germinação de *T. australis* foi o corte nas laterais

do diásporo, sem imersão em água, que resultou no maior percentual de germinação e formação de plântulas. Em seguida, destacou-se o tratamento com corte nas laterais do diásporo, associado à imersão em água por 36 h.

Este estudo tem um papel fundamental na conservação de *T. australis*, fornecendo informações valiosas para a produção de mudas destinadas à restauração de ambientes.

## Agradecimentos

À Univates (Edital nº 049/2022) e ao CNPq (Edital nº 047/2021) pelas bolsas de iniciação científica concedidas ao primeiro autor e ao CNPq pela bolsa concedida à quarta autora (Edital Nº 12/2020 - Processo: 403640/2020-2).

## Referências

- Amponsah, J. O.; Maaleku, B. K.; Djagbletey, G. D.; Asomaning, J. M.; Debrah, D. K.; Kuma, F.; Tandoh, P. K. 2018. Phenology and seed germination improvement of *Terminalia superba* and *Terminalia ivorensis* in a moist semi-deciduous forest in Ghana. Ghana Journal of Forestry, 34, 1-14.
- Barros, F. V.; Lewis, K.; Robertson, A. D.; Pennington, R. T.; Hill, T. C.; Matthews, C.; Lira-Martins, D.; Mazzochini, G. G.; Oliveira, R. S.; Rowland L. 2023. Cost-effective restoration for carbon sequestration across Brazil's biomes. Science of The Total Environment, 876, 162600. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162600>
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 1998. Germination ecology of seeds with physical dormancy. Seeds, pp. 101-132.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. 1586p.
- Carvalho, P. E. R. 2014. Espécies arbóreas brasileiras. Vol 5. Embrapa Informação Tecnológica. Embrapa Florestas, Colombo, PR. 634p.
- Castro, D.; Mello, R. S. P.; Poester, G. C. 2012. Práticas para restauração da mata ciliar. Catarse-Coletivo de Comunicação, Porto Alegre, RS. 60p.
- COP26. 2021. Glasgow Leaders' Declaration on Forests and Land Use. Disponível em: <https://ukcop26.org/glasgow-leaders-declaration-on-forests-and-land-use/>. Acesso em: 06 set. 2023.
- Crouzeilles, R.; Rodrigues, R. R.; Strassburg, B. B. N.; Brancalion, P. H. S.; Garcia, L. C.; Chaves, R. B.; ... Tavares R. N. 2019.

- Relatório temático sobre restauração de paisagens e ecossistemas. 77p.
- Galvão, A. P. M.; Medeiros, A. S. 2002. Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural. Embrapa Florestas-Livro científico (ALICE). 133p.
- Gerber, D.; Bechara, F. C.; Topanotti, L. R.; Nicoletti, M. F.; Azevedo, J. C. 2023. Evaluating tree survival and modeling initial growth for Atlantic Forest restoration. *Ciência Rural*, 53, (7), e20220066. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220066>
- Hossain, M. A.; Arefin, M. K.; Khan, B. M.; Rahman, M. A. 2005. Effects of seed treatments on germination and seedling growth attributes of *Horitaki (Terminalia chebula Retz.)* in the nursery. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1, 135-141.
- Ibe, A. E.; Adeyemi, A. A.; Nwuda, B. N.; Asiabaka, C. C.; Onuoha, G. N. 2015. Seed germination and seedling growth of *Terminalia ivorensis* (A. Chev) in different growth media. *FUTO Journal Series*, 1, (2), 138-145.
- Köhler, M.; Bernardes, M. G.; Brack, P. 2016. Espécies reófitas. Flora da Bacia do Rio Pelotas: uso e conservação de espécies RS-Brasil. UFRGS, Porto Alegre. 165p.
- Kumar, V. 2016. Effect of pretreatment on seed germination and seedling growth of *Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb. *Indian Journal of Ecology*, 43, 233-238.
- Kuntschik, D. P.; Eduarte, M.; Uehara, T. H. K. 2011. Matas ciliares. SMA. 84p.
- Linsingen, L. V.; Cervi, A. C.; Guimarães, O. 2009. Sinopse taxonômica da família Combretaceae R. Brown na região sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 23, 738-750.
- Lorenzi, H. 2021. Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, Nova Odessa. 352p.
- Mapbiomas. 2023. O Projeto. [s. l.]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 07 set. 2023.
- Martins, S. V. 2014. Recuperação de matas ciliares: no contexto do Novo Código Florestal. Aprenda fácil editora, Viçosa. 219p.
- Mewded, B.; Lemessa, D.; Negussie, H.; Berhanu, A. 2019. Germination pretreatment and storage behavior of *Terminalia laxiflora* seed. *Journal of Forestry Research*, 30, 1337-1342. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0717-3>
- Mittermeier, R. A.; Turner, W. R.; Larsen, F. W.; Brooks, T. M.; Gascon, C. 2011. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: Zachos, F. E.; Habel, J. C. (Eds.) *Biodiversity hotspots*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 3-22. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20992-5_1)
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca G. A. B.; Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Okeyo, M. M.; Obwoyere, G. O.; Makanji, D. L.; Njuguna, J. W.; Atieno, J. 2020. Promotion of *Terminalia brownii* in reforestation by development of appropriate dormancy breaking and germination methods in drylands; Kenya. *Global Ecology and Conservation*, 23, e01148. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01148>
- Ribeiro, R. T. M.; Marquet, N.; Loiola, M. I. B. 2023. Combretaceae in Flora e Funga do Brasil. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB6915>. Acesso em: 05 set. 2023.
- Safar, N. V. H.; Magnago, L. F. S.; Schaefer, C. E. G. R. 2020. Resilience of lowland Atlantic forests in a highly fragmented landscape: Insights on the temporal scale of landscape restoration. *Forest ecology and management*, 470, 118183. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118183>
- Santana, D.G.; Ranal, M.A. 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Editora UnB, Brasília. 247p.
- Shekhar, P. R.; Rajendra, M. P.; Reddy, M. C.; Bodiga, S.; Rohith, R.; Kale, I.; Bhargavi, C. H. 2022. Effect of pre-sowing treatments and growth hormones on germination and propagation of *Terminalia chebula* Retz. *The Pharma Innovation Journal*, 11, (10), 1289-1293.
- Silva, J. B.; Nakagawa, J. 1995. Estudo de fórmulas para cálculo da velocidade de germinação. *Informativo Abrates*, 5, (1), 62-73.
- Soares, R. L. N.; Cordeiro, L. S.; Loiola, M. I. B. 2014. Flora do Ceará, Brasil: Combretaceae. *Rodriguésia*, 65, 685-700. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201465308>