

*Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade*

Gustavo Viana de Freitas  <https://orcid.org/0000-0001-8306-3522>

Mestre em Ecologia e Recursos Naturais (2020) pela UENF. Doutorando em Ecologia e Recursos Naturais na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: gustavofreitas.uenf@gmail.com.

Regina Braga de Moura  <https://orcid.org/0000-0001-6380-1444>

Doutora em Biotecnologia Vegetal (2005) pela UFRJ. Professora titular da Universidade Estácio de Sá (UNESA) *Campus Maracanã* – Rio de Janeiro/RJ – Brasil. E-mail: regina.moura@estacio.br.

Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar a ação da luz e de tratamentos térmicos pré-germinativos na embebição de sementes de *Alcantarea imperialis*. As sementes foram dispostas em unidades experimentais de 25 sementes sem desinfestação prévia e submetidas a altas e baixas temperaturas e à ausência e presença de luz. Os resultados mostraram a germinação das sementes de *A. imperialis* somente na presença de luz, apresentando diferenças na absorção de água entre os tratamentos térmicos ao longo do tempo e confirmando o comportamento trifásico de embebição. Apesar das diferenças encontradas entre os tratamentos, a germinação foi baixa, sugerindo que o processo possa ter sido influenciado pela viabilidade das sementes e por processos hídricos puramente físicos. Nesse sentido, ressalta-se a importância de procedimentos de desinfestação e testes de vigor, bem como a necessidade de estudos futuros das relações hídricas das sementes dessa espécie.

Palavras-chave: Bromeliaceae; conteúdo de água na semente; ecofisiologia; Floresta Atlântica; relações hídricas.

*Soaking of *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms seeds in pre-germination temperature treatments under two light conditions*

Abstract

In this study we aimed to investigate the action of light and pre-germinative temperature treatments on the imbibition of *Alcantarea imperialis* seeds. The seeds were arranged in experimental units of 25 seeds without previous disinfestation treatment, subjected to high and low temperatures, and the absence and presence of light. The results revealed the germination of *A. imperialis* seeds only in the presence of light, showing differences in water absorption between temperature treatments over time and confirming the triphasic imbibition behavior. Despite the differences found between treatments, germination was low, suggesting that the process may have been influenced by seed viability and purely physical water processes. According to this, the importance of disinfestation procedures and vigor tests are emphasized, as well as the need for future studies on the water relations of seeds of this species.

Keywords: Bromeliaceae; seed water content; ecophysiology; Atlantic Forest; water relations.

*Remojo de semillas de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms en tratamientos térmicos previos a la germinación bajo dos condiciones de luminosidad*

Resumen

El objetivo de este estudio fue investigar la acción de la luz y de tratamientos térmicos previos a la germinación sobre la imbibición de semillas de *Alcantarea imperialis*. Las semillas se dispusieron en unidades experimentales de 25 semillas y se sometieron a altas y bajas temperaturas y a la ausencia y presencia de luz. Los resultados mostraron la germinación de semillas de *A. imperialis* solo en presencia de luz, mostrando diferencias en la absorción de agua entre los tratamientos térmicos a lo largo del tiempo y confirmando el comportamiento de imbibición trifásico. A pesar de las diferencias encontradas entre tratamientos, la germinación fue baja, lo que sugiere que el proceso pudo haber sido influenciado por la viabilidad de la semilla y por procesos hídricos puramente físicos. En este sentido, se destaca la importancia de los procedimientos de desinfección y pruebas de vigor, así como la necesidad de futuros estudios de las relaciones hídricas de las semillas en esta especie.

Palabras clave: Bromeliaceae; contenido de agua en semillas; ecofisiología; Floresta Atlántica; relaciones hídricas.

Este documento é protegido por Copyright © 2023 pelos Autores



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.

*Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade*
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

1 Introdução

A germinação é um processo fisiológico complexo que envolve mecanismos que ocorrem de forma concomitante ou sequencial na recuperação e reativação do metabolismo celular, na superação da dormência até a completa germinação e no estabelecimento das plântulas (ALI; ELOZEIRI, 2017; CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004; HADAS, 2005; NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010). Tem sido consenso que o processo de germinação se inicia com a absorção de água pela semente, ou embebição, e completa-se com o aparecimento do embrião, seja com a protrusão cotiledonar ou radicular, a depender da espécie (BORGHETTI; FERREIRA, 2004; CARRERA-CASTÁNO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2009; SILVA; SCATENA, 2011).

Os mecanismos germinativos são influenciados tanto por fatores intrínsecos às espécies (genótipo, anatomia, regulação hormonal, taxonomia), quanto por fatores ambientais, como a presença ou ausência de patógenos, oxigênio, luminosidade, temperatura e disponibilidade hídrica (BASKIN; BASKIN, 2014; HADAS, 2005), agindo simultaneamente na capacidade e velocidade germinativa (CARDOSO, 2004; 2009). A combinação desses fatores está intimamente ligada à sobrevivência, dispersão e adaptação das espécies vegetais em diferentes condições climáticas (CARRERA-CASTÁNO *et al.*, 2020; JIMÉNEZ-ALFARO *et al.*, 2016).

A embebição é um processo primordial para a germinação, pois permite a reidratação dos tecidos da semente, já que estes diferem quanto a sua composição e suas propriedades estruturais, bioquímicas e, portanto, a retenção e utilização de água (BASKIN; BASKIN, 2014; OBROUCHEVA *et al.*, 2017). A embebição acontece através de três fases à medida que o processo germinativo se desenvolve: fase I – caracterizada pela rápida absorção de água até a máxima hidratação; fase II – caracterizada pela fase de transição e limitada absorção de água, podendo essas duas primeiras fases serem observadas em sementes dormentes, não viáveis e até mesmo mortas e fase III – caracterizada pela fase de crescimento, acompanhada pela emergência radicular (BEWLEY, 1997; CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004; NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

A fase I da embebição é dependente da temperatura e pode aumentar a sensibilidade à luz a depender da semente de cada espécie (HADAS, 2005). Cada espécie possui uma faixa de tolerância de temperatura que definirá seu ótimo de embebição e germinação e, portanto, poderá eliminar a dormência primária ou secundária de uma semente ou induzir dormência secundária (BEWLEY *et al.*, 2013; BORGHETTI; FERREIRA, 2004). Grandes variações de temperatura podem ocasionar mudanças nos processos fisiológicos das espécies, como a embebição, seja em baixas ou altas temperaturas (MARINI *et al.*, 2012; MATHEUS; LOPES, 2009). Torna-se importante o conhecimento da ação das temperaturas antes e durante o processo de germinação e fora de sua faixa ótima, pois estão diretamente ligadas à viabilidade e morte da semente. Isso é relevante para a germinação de sementes em espécies que convivem com grandes variações ambientais, como ocorre em ecossistemas tropicais (MATOS; LIMA E BORGES; SILVA, 2015).

Alcantarea imperialis (Carrière) Harms é uma espécie pertencente à família Bromeliaceae, nativa e endêmica da região sudeste do Brasil, entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (FORZZA *et al.*, 2015). A espécie é rupícola, habitando campos de altitude e afloramentos rochosos, mais raramente campos rupestres, dentro do domínio da Floresta Atlântica (MARTINELLI; MORAES, 2013; MONTEIRO; FORZZA, 2008). Naturalmente fragmentada e isolada geneticamente (BARBARÁ *et al.*, 2007, 2008, 2009), *A. imperialis* convive com diversos estresses ambientais em sua área de ocorrência, como altas variações de temperatura diárias, alta luminosidade diurna, baixa concentração nutricional no solo e

Embebição de sementes de Alcantarea imperialis (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

variações na disponibilidade hídrica (BERT, 2006; KURITA; TAMAKI, 2014; MOLLO *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2008). A presença de sementes fusiformes pequenas, com apêndices plumosos nas duas extremidades é importante para a ancoragem das sementes dessa espécie em locais onde possam cair e garantir o sucesso em seu estabelecimento (PEREIRA *et al.*, 2008; SCATENA; SEGECIN; COAN, 2006; VERSIEUX, 2009). Em razão de sua grande exuberância, a espécie se tornou um ícone ornamental, sendo alvo do extrativismo predatório e do aumento na incidência de incêndios em sua região de distribuição, além de estar listada na categoria de vulnerável da flora ameaçada de extinção (ANACLETO; NEGRELLE; KOEHLER, 2008; BRASIL, 2022; MARTINELLI; MORAES, 2013; VERSIEUX; WANDERLEY, 2015). Bromeliáceas são alvos frequentes de exploração, pois sua distribuição e endemismo se encontram em ambientes muito ameaçados (FORZZA *et al.*, 2010; SCHUTTZ; ARAÚJO; SÁ, 2012). Nesse sentido, a produção de mudas e plântulas por meio da germinação de sementes pode ser importante para a conservação de espécies frente ao extrativismo predatório, especialmente para *A. imperialis*, que possui um ciclo de vida longo e maturação de sementes desuniforme (AYOAMA *et al.*, 2012; TAMAKI *et al.*, 2020; VERSIEUX; WANDERLEY, 2015). Além disso, as sementes de espécies em ambientes naturais funcionam como mantenedoras de bancos genéticos refletindo em amplas respostas aos fatores ambientais (GÓMEZ-MAQUEO *et al.*, 2020; TAMAKI *et al.*, 2020).

Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da temperatura no processo de embebição e germinação inicial em sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms, sob o seguinte questionamento: tratamentos pré-germinativos sob diferentes condições de temperatura e luminosidade diferem quanto ao conteúdo de água embebido pelas sementes?

2 Metodologia

2.1 Obtenção e triagem do material vegetal

As sementes de *A. imperialis* foram retiradas manualmente de seus frutos colhidos e já deiscentes em remanescentes da Floresta Atlântica, no município de Petrópolis/RJ, localidade de ocorrência da espécie (AYOAMA *et al.*, 2012; KURITA; TAMAKI, 2014). Após colheita dos frutos e retirada das sementes, estas foram armazenadas em local seco à temperatura ambiente (ANACLETO; NEGRELLE; KOEHLER, 2008). Para os testes, as sementes foram escolhidas aleatoriamente (PEREIRA *et al.*, 2009) e nenhum tipo de desinfestação prévia foi realizado. Ao todo 600 sementes foram utilizadas, sendo dispostas em quadruplicatas de unidades experimentais de 25 sementes para os diferentes tratamentos pré-germinativos de luz e temperatura (Tabela 1, BONIN *et al.*, 2010).

Tabela 1. Delineamento experimental dos tratamentos térmicos pré-germinativos e de luz em sementes de *A. imperialis*

Temperatura	Luz	Código	Quadruplicatas
Pré-aquecimento	Presença	A_luz	25x4
Pré-resfriamento	Presença	B_luz	25x4
Controle	Presença	C_luz	25x4
Pré-aquecimento	Ausência	A_escuro	25x4
Pré-resfriamento	Ausência	B_escuro	25x4
Controle	Ausência	C_escuro	25x4

Fonte: Elaborado pelos autores

*Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade*
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

2.2 Pré-aquecimento e resfriamento

As sementes foram dispostas em placas de petri 90 x 15 mm sobre o papel de filtro. As sementes passaram por um período de pré-resfriamento (baixa temperatura) e pré-aquecimento (alta temperatura) em estufa de alvenaria e em freezer durante cinco dias e sob a influência das variações de temperatura dos próprios equipamentos. As temperaturas dos equipamentos foram verificadas diariamente durante os tratamentos, variando entre 26 °C e 59 °C em estufa e -20 °C e -9 °C em freezer.

2.3 Embebição e tratamentos de luz

Após o período de pré-tratamentos com temperatura, as quadruplicatas (pré-aquecimento, pré-resfriamento, controle) foram colocadas no escuro e na presença de luz natural, sendo então umedecidas com água destilada e deixadas para germinar em condições ambiente de temperatura e umidade. Nas placas de petri foram adicionadas 30 ml de água destilada, sem a realização de meios de cultura, submetendo as sementes à restrição nutricional. A água destilada foi adicionada nas placas posteriormente quando necessário. A partir desse momento, as quadruplicatas foram observadas durante um mês de experimento. A observação e pesagens das sementes no escuro foi realizada sem a exposição das sementes à luz direta.

As sementes das unidades experimentais foram pesadas em balança analítica em uma frequência de dois dias semanais. As sementes eram retiradas das placas de petri, pesadas e devolvidas às placas. Inicialmente a pesagem ocorreu com o material seco, antes da exposição às diferentes temperaturas (T_{-1}) e com o material hidratado (T_0) após exposição térmica, para início de avaliação da embebição. O conteúdo de água embebido foi calculado utilizando a equação $(m_f - m_i) / m_i$ em que m_f = massa da semente no momento da pesagem e m_i = massa da semente seca (T_{-1}) (COSTA; DIAS; DIAS, 2019). As sementes germinadas foram utilizadas como indicador de germinação na ausência ou presença de luz, sendo considerada germinação a protrusão cotiledonar conforme utilizado por Pereira *et al.* (2009) e Silva e Scatena (2011).

2.4 Análises Estatísticas

Os dados não apresentaram normalidade e homogeneidade, optando-se pela realização de um teste não paramétrico. O teste de Friedman para medidas repetidas foi realizado para comparação entre os grupos dos tratamentos térmicos pré-germinativos ao longo do tempo, seguido do teste de Wilcoxon (ao nível de 5% de significância) *a posteriori*. Os valores de p do teste de Wilcoxon foram corrigidos utilizando o método de Bonferroni. Todas as análises foram realizadas através do *software* R (R CORE TEAM, 2021).

3 Resultados

Os tratamentos térmicos pré-germinativos e de luz apresentaram diferenças significativas no conteúdo de água absorvido pelas sementes de *A. imperialis* (Tabela 2, X^2 : 54,3 $p \leq 0,0001$, magnitude: 0,84). Os tratamentos pré-germinativos com altas temperaturas apresentaram maiores médias do conteúdo de água (g) ao longo do tempo tanto na ausência quanto na presença de luz (Figura 1). A germinação das sementes de *A. imperialis* aconteceu a partir do 19º dia de embebição e a porcentagem de germinação foi baixa em todos os tratamentos. As sementes não germinaram na ausência de luz (Figura 1).

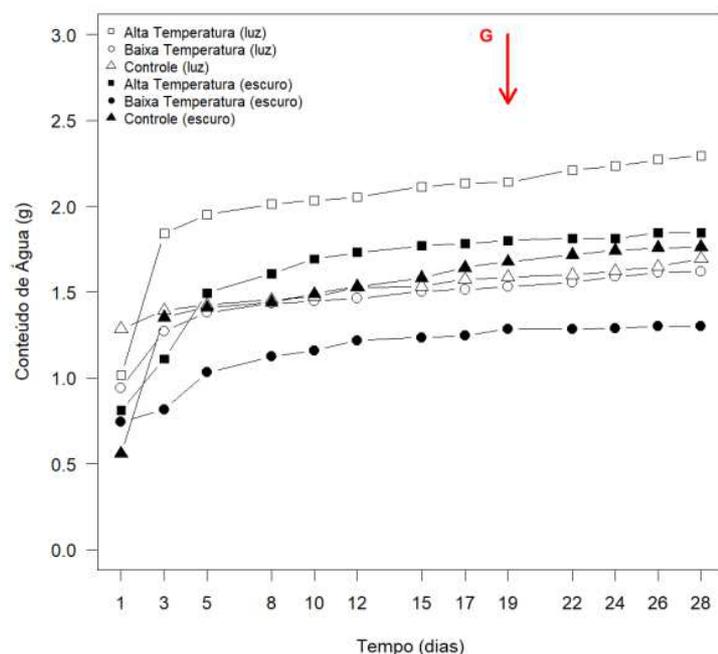
Embebição de sementes de Alcantarea imperialis (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

Tabela 2. Teste de Wilcoxon dos tratamentos luminoso e térmico pré-germinativos em *A. imperialis*. Significância estatística (** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$)

	A_escuro	A_luz	B_escuro	B_luz	C_escuro
A_luz	0,0037**				
B_escuro	0,0248*	0,0037**			
B_luz	0,0366*	0,0037**	0,0037**		
C_escuro	0,3159	0,0037**	0,0073**	0,3223	
C_luz	1	0,0073**	0,0037**	0,0037**	1

Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 1. Conteúdo de água (g) das unidades experimentais com sementes de *A. imperialis* submetidas a tratamentos térmicos pré-germinativos e tratamento luminoso ao longo do tempo (dias). A seta vermelha indica o primeiro dia em que houve germinação nos tratamentos



Fonte: Elaborado pelos autores

4 Discussão

Este estudo buscou identificar diferenças na absorção de água sob diferentes condições de luminosidade e de pré-tratamentos de temperatura em sementes de *A. imperialis*. As sementes de *A. imperialis* germinaram apenas na presença de luz a partir do 19º dia de embebição, corroborando estudos que apontam a espécie como fotoblástica positiva e tempo de germinação entre 20 e 30 dias em substratos naturais

*Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade*

Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

(BLANCO, 2001; PEREIRA *et al.*, 2009). Esse comportamento fotoblástico é devido ao próprio hábito rupícola da espécie em seus ambientes naturais de ocorrência. Isso porque, quando as sementes estão soterradas no solo ou em locais em que não há presença de luz, a germinação é impedida (PEREIRA *et al.*, 2009).

Os resultados sugerem a possível influência da alta e da baixa temperatura na maior ou menor absorção de água pelas sementes de *A. imperialis* na presença de luz. O tratamento com alta temperatura na presença de luz apresentou diferenças significativas entre os tratamentos na presença de luz, com maiores valores médios no conteúdo de água. Embora o tratamento com alta temperatura na ausência de luz não tenha sido significativamente diferente ao tratamento controle, ainda foi capaz de manter maior conteúdo de água entre os tratamentos do escuro. Entretanto o tratamento com baixa temperatura na ausência de luz apresentou diferenças significativas entre os tratamentos com alta temperatura e controle por ter apresentado os menores valores médios no conteúdo de água. A alta temperatura permitiu, dentro de certos limites, a maior absorção de água pelas sementes, enquanto a baixa temperatura, o processo inverso.

Muitos fatores podem influenciar a absorção de água pela semente, como a taxonomia, superfície de contato entre semente e água, relações hídricas entre solo e semente, composição química, suprimento hídrico dos compartimentos, tamanho da semente e temperatura (BEWLEY *et al.*, 2013; OBROUCHEVA *et al.*, 2017; PINHO; CARVALHO; DELACHIAVE, 2004). Nesse sentido, a temperatura tem papel primordial na germinação de sementes e, portanto, na embebição de água, uma vez que está envolvida em alterações bioquímicas e metabólicas (BEWLEY *et al.*, 2013; CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). Em geral, a faixa ótima de temperatura e mais favorável para espécies tropicais é em torno de 20-35 °C (LARCHER, 2004). Temperaturas que estão acima ou abaixo do valor ótimo podem reduzir a quantidade de sementes germinadas, uma vez que expõem as sementes por mais tempo a condições desfavoráveis no ambiente (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). O tratamento-controle apresentou sementes germinadas, o que possivelmente estaria relacionado à temperatura ambiente em que o tratamento foi submetido e dentro do que é determinado como faixa ótima de germinação para espécies tropicais.

A alta temperatura pode promover maior absorção de água pela semente, pois à medida que se eleva, a energia cinética aumenta a atividade metabólica e diminui o potencial interno da semente (BORGHETTI; FERREIRA, 2004). Apesar de essas relações se tratarem de processos físicos que fornecem a maior hidratação das sementes, isso não foi suficiente para acelerar o processo germinativo em comparação a tratamentos com baixa temperatura e controle. Altas temperaturas podem induzir ou reforçar dormência primária e/ou secundária em sementes, diminuir a solubilidade de oxigênio, inibir processos enzimáticos, reduzindo as taxas de germinação das espécies e promovendo terminação (ALI; ELOZEIRI, 2017; BEWLEY *et al.*, 2013; PÊGO; GROSSI; BARBOSA, 2012; TOH *et al.*, 2008). Baixas temperaturas podem retardar o crescimento radicular e foliar de espécies tropicais, promover mudanças na mobilização de carboidratos não estruturais, na sinalização hormonal de giberelina e reduzir a velocidade de germinação (HUA, 2009; MOLLO *et al.*, 2011; NIEVOLA *et al.*, 2005). A baixa temperatura prolonga o tempo necessário para que as sementes germinem, e isso pode ocasionar menor absorção de água e germinação (CASSARO-SILVA, 2001).

As sementes de *A. imperialis* dos tratamentos na presença de luz apresentaram padrão levemente trifásico de embebição para todos os tratamentos. Esses resultados corroboram o comportamento germinativo de espécies em que a absorção inicial rápida de água ocorre com a interação hidrofílica entre as sementes e a água; a fase II ocorrendo discretamente até o momento da germinação das sementes e uma fase III, observada a partir do momento da protrusão radicular ou cotiledonar (BEWLEY, 1997; CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004). Em estudos com sementes de *Psidium guineense* Swartz. foi observado um padrão

*Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade*
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

trifásico de absorção de água durante 17 dias de experimento em que a ocorrência da fase I completou-se em 30 horas de absorção (SANTOS *et al.*, 2015). Pinto *et al.* (2007), em estudos com *Solanum lycocarpum*, observaram um padrão trifásico das sementes em 25 dias de experimento, sendo relatado que a rápida absorção inicial é um indicativo de nenhuma restrição física do tegumento.

Apesar de apresentarem uma rápida absorção inicial nas primeiras horas e dias de experimento, as sementes de *A. imperialis* podem ter mantido certo nível de restrição tegumentar, o que também pode ter impedido uma germinação maior. Isso porque em seu *habitat* natural, as sementes de *A. imperialis* vivem sobre afloramentos rochosos e frequentemente estão submetidas a condições de estresse, dificultando seu processo de germinação (PEREIRA *et al.*, 2009; VERSIEUX; WANDERLEY, 2015). Entretanto, ressalta-se que o tempo longo de observação da absorção de água das sementes pode ter dificultado a definição exata das fases do processo germinativo neste estudo, sendo importantes as primeiras horas de observação (RODRIGUES *et al.*, 2008). Além disso, as sementes podem ter absorvido água mesmo com baixa viabilidade ou com algum nível de dormência ou mesmo mortas, um processo comum em sementes (BEWLEY *et al.*, 2013, MARCOS-FILHO, 2015; NONOGAKI; BASSEL; BEWLEY, 2010).

Lozano-Isla, Miranda e Pompelli (2017) atribuem que a quantidade de água também pode ser um fator interferente na embebição e germinação de sementes. De acordo com os autores, em sementes de *Jatropha curcas*, pequenas quantidades de água podem ser necessárias para as sementes dessa espécie e à medida que a quantidade desse elemento aumenta, o tempo de germinação e a germinabilidade tendem a diminuir. Isso também poderia justificar a baixa germinação nos tratamentos térmicos pré-germinativos e na absorção de água entre os tratamentos. Portanto, estudos futuros acerca das relações hídricas de *A. imperialis* são necessários, visto que a espécie possui alto grau de endemismo em um ecossistema altamente fragmentado e degradado, como a Floresta Atlântica.

5 Considerações finais

As sementes de *Alcantarea imperialis* de fato necessitam da luz para o processo de germinação e desenvolvimento seminal. Os dois tratamentos térmicos pré-germinativos influenciaram na absorção de água pelas sementes, porém é provável que os resultados tenham sido influenciados pela baixa viabilidade das sementes e pela própria física dos processos hídricos. Ressalta-se, portanto, a importância da realização de estudos futuros avaliando de forma mais aprofundada as relações hídricas de *A. imperialis* em diferentes condições de luminosidade e temperatura.

Referências

ALI, A. S.; ELOZEIRI, A. A. Metabolic process during seed germination. *In*: LOPEZ-JIMÉNEZ, J. C. (ed). **Advances in seed biology**. 1. ed. London: IntechOpen, 2017. p. 141-146. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.68178>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/6096>. Acesso em: 17 abr. 2023.

Embebição de sementes de Alcantarea imperialis (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

ANACLETO, A.; NEGRELLE, R. R. B.; KOEHLER, H. S. Germinação de *Aechmea nudicaulis* (L.) Griseb (Bromeliaceae) em diferentes substratos alternativos ao pó de xaxim. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 73-79, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i1.1134>. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1134>. Acesso em: 17 abr. 2023.

AOYAMA, E. M. *et al.* Avaliação da eficiência da propagação de *Alcantarea imperialis* (Bromeliaceae) cultivada *in vitro* e *ex vitro*. **Rodriguésia**, v. 63, n. 2, p. 321-331, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000200007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/j83QwrGJ6fFZBBXgBKCz3Nm/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BARBARÁ, T. *et al.* Genetic relationships and variation in reproductive strategies in four closely related bromeliads adapted to neotropical 'inselbergs': *Alcantarea glaziouana*, *A. regina*, *A. geniculata* and *A. imperialis* (Bromeliaceae). **Annals of Botany**, v. 103, n. 1, p. 65-77, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcn226>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/103/1/65/324424>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BARBARÁ, T. *et al.* Population differentiation and species cohesion in two closely related plants adapted to neotropical high-altitude 'inselbergs', *Alcantarea imperialis* and *Alcantarea geniculata* (Bromeliaceae). **Molecular Ecology**, v. 16, n. 10, p. 1981-1992, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03272.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-294X.2007.03272.x>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BARBARÁ, T. *et al.* Within-population spatial genetic structure in four naturally fragmented species of a neotropical 'inselberg' radiation, *Alcantarea imperialis*, *A. geniculata*, *A. glaziouana* and *A. regina* (Bromeliaceae). **Heredity**, v. 101, p. 285-296, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1038/hdy.2008.65>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/hdy200865>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

BERT, T. M. Growing *Alcantarea* species. **Florida Council of Bromeliads Society Inc. [Newsletter]**, v. 26, n. 1, p. 9-10, 2006. Disponível em: <http://fcb.org/newsletters/FCBS/2006/02-2006.pdf>. Acesso em: 1 out. 2020.

BEWLEY, J. D. Seed dormancy and germination. **The Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1055-1066, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plcell/article/9/7/1055/5986415>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BEWLEY, J. D. *et al.* **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer-Verlag, 2013.

BLANCO, R. A. Bromélias Semeadas, Bromélias Preservadas. **Jardim de Flores**, 2001. Disponível em: <http://www.jardimdeflores.com.br/ECOLOGIA/bromelia1.html>. Acesso em: 18 out. 2020.

*Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade*
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

BONIN, M. P. *et al.* Avaliação dos tratamentos pré-germinativos em diferentes concentrações de GA₃ na germinação de *Alcantarea imperialis* (Vell) Harms. **Scientia Plena**, v. 6, n. 5, 2010. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/73>. Acesso em: 17 abr. 2023.

BORGHETTI, F.; FERREIRA, A. G. Interpretação de resultados de germinação *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 209-222.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA n.º 148, de 08-VI-2022. Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da União**, 08 de junho de 2022. Anexo I. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf. Acesso em: 25 mar. 2023.

CARDOSO, V. J. M. Conceito e Classificação da Dormência em Sementes. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 619-631, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2009.1304.06>. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/5770>. Acesso em: 17 abr. 2023.

CARDOSO, V. J. M. Dormência: estabelecimento do processo. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 95-108.

CARRERA-CASTAÑO, G. *et al.* An update overview on the regulation of seed germination. **Plants**, v. 9, n. 6, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9060703>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/6/703>. Acesso em: 17 abr. 2023.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (ed.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2000.

CASSARO-SILVA, M. Efeito da temperatura na germinação de sementes de manduirana (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn. - Caesalpinaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 92-99, 2001.

CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de Sementes e Conteúdo de Água. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 51-67.

CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e Reativação do Metabolismo. *In*: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.

Embebição de sementes de Alcantarea imperialis (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

COSTA, A. S.; DIAS, L. S.; DIAS, A. S. Imbibition, germination, and early seedling growth responses of light purple and yellow seeds of red clover to distilled water, sodium chloride, and nutrient solution. *Sci.*, v. 1, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/sci1020051>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2413-4155/1/2/51>. Acesso em: 17 abr. 2023.

FORZZA, R. C. *et al.* Bromeliaceae. *In: Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB66>. Acesso em: 1 out. 2020.

FORZZA, R. C. *et al.* *Catálogo de plantas e fungos do Brasil*. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio; Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. v. 1. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788560035083>. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/z3529>. Acesso em: 17 abr. 2023.

GÓMEZ-MAQUEO, X. *et al.* The seed water content as a time-independent physiological trait during germination in wild tree species such as *Ceiba aesculifolia*. *Scientific Reports*, v. 10, n. 10429, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66759-3>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-66759-3>. Acesso em: 17 abr. 2023.

HADAS, A. Germination and seed establishment. *In: HILLEL, D. Encyclopedia of soils and environment* Nova York: Elsevier, 2005. p. 130-137. DOI: <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00149-1>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B0123485304001491?via%3Dihub>. Acesso em: 17 abr. 2023.

HUA, J. From freezing to scorching, transcriptional responses to temperature variations in plants. *Current Opinion of Plant Biology*, v. 12, n. 5, p. 568-573, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.07.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526609000971?via%3Dihub>. Acesso em: 17 abr. 2023.

JIMÉNEZ-ALFARO, B. *et al.* Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *Journal of Vegetation Science*, v. 27, n. 3, p. 637-645, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/jvs.12375>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jvs.12375>. Acesso em: 17 abr. 2023.

KURITA, F. M. K.; TAMAKI, V. *In vitro* growth of bromelialid *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms with different concentrations of nitrogen. *Acta Scientiarum*, v. 36, n. 3, p. 279-285, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v36i3.22933>. Disponível em: <https://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/22933>. Acesso em: 17 abr. 2023.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2004.

Embebição de sementes de Alcantarea imperialis (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

LOZANO-ISLA, F.; MIRANDA, P. V.; POMPELLI, M. F. Germination behavior of *Jatropha curcas* L. after different imbibition times. **Peruvian Journal of Agronomy**, v. 1, n. 1, p. 32-38, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21704/pja.v1i1.1065>. Disponível em: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/jpagronomy/article/view/1065>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/TCgVpMYmRWtGn6dQSSsQVbJ/?lang=en>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MARINI, P. *et al.* Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 722-730, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000400014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/NdFtCZ39BD9Dh8G7BsPTb8c/?lang=pt#>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (org.). **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Conservação da Flora: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2013. Disponível em: https://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod_data/content/17255/LivroVermelho%20FLORA%20BRASIL%202013.pdf. Acesso em: 17 abr. 2023.

MATHEUS, M. T.; LOPES, J. C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 3, p. 115-122, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000300013>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/d7dtBDh449jXFHsG9Xw6tXf/?lang=pt#>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MATOS, A. C. B.; LIMA E BORGES, E. E.; SILVA, L. J. Fisiologia da Germinação de Sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth sob diferentes temperaturas e tempos de exposição. **Revista Árvore**, v. 39, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/8Tm7YGRxhWpV6CFJKQyWMxK/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MOLLO, L. *et al.* Effects of low temperature on growth and non-structural carbohydrates of the imperial bromeliad *Alcantarea imperialis* cultured in vitro. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 107, p. 141-149, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11240-011-9966-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11240-011-9966-y>. Acesso em: 17 abr. 2023.

MONTEIRO, R. F.; FORZZA, R. C. A família Bromeliaceae no Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 26, n. 1, p. 7-33, 2008. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9052.v26i1p7-33>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bolbot/article/view/11756>. Acesso em: 17 abr. 2023.

Embebição de sementes de Alcantarea imperialis (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

NIEVOLA, C. C. *et al.* Temperature determines the occurrence of CAM or C₃ photosynthesis in pineapple plantlets grown *in vitro*. **In Vitro Cellular and Development Biology**, v. 41, p. 832-837, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1079/IVP2005694>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1079/IVP2005694>. Acesso em: 17 abr. 2023.

NONOGAKI, H.; BASSEL, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination – still a mystery. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 574-581, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.02.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945210000403?via%3Dihub>. Acesso em: 17 abr. 2023.

OBROUCHEVA, N. V. *et al.* Water relations in germinating seeds. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 64, n. 4, p. 625-633, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1134/S102144371703013X>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1134/S102144371703013X>. Acesso em: 17 abr. 2023.

PÊGO, R. G.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G. Soaking curve and effect of temperature on the germination of daisy seeds. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 312-316, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200021>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/hRG69w9ZJkVrF4tL5fVyTTs/?lang=en>. Acesso em: 17 abr. 2023.

PEREIRA, A. R. *et al.* Comportamento germinativo de espécies epífitas e rupícolas de Bromeliaceae do Parque Estadual de Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 4, p. 827-838, 2009.

PEREIRA, A. R. *et al.* Morfologia de sementes e do desenvolvimento pós-seminal de espécies de Bromeliaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, n. 4, p. 1150-1162, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062008000400026>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abb/a/cmJr9VCz4JXFQp4VGGTYJMJ/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2023.

PINHO, S. Z.; CARVALHO, L. R.; DELACHIAVE, M. E. A. Limits between stages I and II of a seed imbibition curve. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 1, p. 17-20, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000100003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/mJ93J5LKPycGXjkNCmXdYxh/?lang=en>. Acesso em: 17 abr. 2023.

PINTO, L. V. A. *et al.* Mechanism and control of *Solanum lycocarpum* seed germination. **Annals of Botany**, v. 100, n. 6, p. 1175-1187, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcm211>. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/100/6/1175/126268>. Acesso em: 17 abr. 2023.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2021. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 20 out. 2020.

Embebição de sementes de Alcantarea imperialis (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

RODRIGUES, A. P. D. C. *et al.* Absorção de água por semente de salsa, em duas temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 49-54, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/PJSD3VZMyjDxgqRzN6wHSWp/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SANTOS, M. A. C. *et al.* Seed germination of Brazilian guava (*Psidium guineense* Swartz.). **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 4, p. 214-221, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n4152933>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/P4Fn5hWKjxJrJYk7RnwcLhD/?lang=en#>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SCATENA, V. L.; SEGECIN, S.; COAN, A. I. Seed morphology and post-seminal development of *Tillandsia* L. (Bromeliaceae) from the “Campos Gerais”, Paraná, Southern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 6, p. 945-951, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132006000700012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/babt/a/P3L6VKCq5Tdhz9kzWFdzZcb/?lang=en>. Acesso em: 17 abr. 2023.

SCHUTTZ, R.; ARAÚJO, L. C.; SÁ, F. S. Bromélias: abrigos terrestres de vida de água doce na floresta tropical. **Natureza online**, v. 10, n. 2, p. 89-92, 2012. Disponível em: http://www.naturezaonline.com.br/natureza/conteudo/pdf/09_SchuttzRetal_089_092.pdf. Acesso em: 1 out. 2020.

SILVA, I. V.; SCATENA, V. L. Morfologia de sementes e de estádios iniciais de plântulas de espécies de Bromeliaceae da Amazônia. **Rodriguésia**, v. 62, n. 2, p. 263-272, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201162204>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/3fxqFchLnsGsMg9TJCnMrPR/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2023.

TAMAKI, V. *et al.* Armazenamento de sementes colhidas de diferentes posições do escapo floral para a obtenção de plantas da bromélia imperial – *Alcantarea imperialis*. **Rodriguésia**, v. 71, e02832018, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860202071144>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rod/a/JF8VcNTQCvXjbMKJ8Tr7zJz/?lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2023.

TOH, S. *et al.* High temperature-induced abscisic acid biosynthesis and its role in the inhibition of gibberellin action in *Arabidopsis* seeds. **Plant Physiology**, v. 146, n. 3, p. 1368-1385, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.107.113738>. Disponível em: <https://academic.oup.com/plphys/article/146/3/1368/6107335>. Acesso em: 17 abr. 2023.

VERSIEUX, L. M. **Sistemática, Filogenia e Morfologia de *Alcantarea* (Bromeliaceae)**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41132/tde-17032010-160344/pt-br.php>. Acesso em: 20 out. 2020.

VERSIEUX, L. M.; WANDERLEY, M. G. L. **Bromélias gigantes do Brasil**. 1. ed. Natal: Offset, 2015. 200p.

*Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms
em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade*
Gustavo Viana de Freitas, Regina Braga de Moura

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Estácio de Sá – *Campus* Petrópolis, RJ, Brasil pela estrutura fornecida para o desenvolvimento deste estudo.

COMO CITAR (ABNT): FREITAS, G. V.; MOURA, R. B. Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, v. 25, n. 1, e25117186, 2023. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n12023.17186>. Disponível em: <https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/view/17186>.

COMO CITAR (APA): Freitas, G. V., & Moura, R. B. (2023). Embebição de sementes de *Alcantarea imperialis* (Carrière) Harms em tratamentos pré-germinativos de temperatura sob duas condições de luminosidade. *Vértices (Campos dos Goitacazes)*, 25(1), e25117186. <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n12023.17186>.