



**TÚLIO GABRIEL SOARES OLIVEIRA**

**ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DA  
GERMINAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE  
SEMENTES DE JERIVÁ (*Syagrus romanzoffiana*)  
(CHAM.) GLASSMAN.**

**LAVRAS – MG  
2014**

**TÚLIO GABRIEL SOARES OLIVEIRA**

**ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO E  
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JERIVÁ (*Syagrus  
romanzoffiana*) (CHAM.) GLASSMAN.**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Florestal, área de  
concentração em Ciências  
Florestais, para a obtenção do  
título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Coorientadores

Prof. Dr. José Marcio Rocha Faria

Prof. Dr. Leonardo Monteiro Ribeiro

**LAVRAS – MG  
2014**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e  
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Oliveira, Túlio Gabriel Soares.

Aspectos ecofisiológicos da germinação e armazenamento de sementes de jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) (Cham.) Glassman / Túlio Gabriel Soares Oliveira. – Lavras : UFLA, 2014.

59 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Anderson Cleiton José.

Bibliografia.

1. Palmeira. 2. Banco de sementes. 3. Ácido abscísico. 4. Giberelinas. 5. Dormência. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.9745

**TÚLIO GABRIEL SOARES OLIVEIRA**

**ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS DA GERMINAÇÃO E  
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JERIVÁ (*Syagrus  
romanzoffiana*) (CHAM.) GLASSMAN.**

Dissertação apresentada à  
Universidade Federal de Lavras,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Florestal, área de  
concentração em Ciências  
Florestais, para a obtenção do  
título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2014

Dr. José Marcio Rocha Faria – DCF/UFLA  
Dr. Renato Mendes Guimarães – DAG/UFLA

Orientador  
Prof. Dr. Anderson Cleiton José

**LAVRAS – MG  
2014**

*Aos meus pais, Diana Soares Nunes e Sérgio Túlio de Oliveira Silva, os  
principais alicerces dessa conquista.*

*DEDICO*

## AGRADECIMENTOS

À Deus.

Aos meus pais, Diana Soares Nunes e Sérgio Túlio de Oliveira Silva, por todo apoio, confiança e por não medirem esforços para que essa conquista fosse possível.

Ao meu orientador, Prof. Anderson Cleiton José, pelos valiosos ensinamentos, confiança e pela amizade.

Aos meus coorientadores, Prof. Leonardo Monteiro Ribeiro e Prof. José Marcio Rocha pela amizade e pela grande contribuição a esse trabalho.

Ao Prof. Renato Mendes Guimarães por sua disponibilidade e valiosas sugestões para esse trabalho.

Aos meus familiares, em especial a meu Avô Antônio Valace por toda força e ajuda.

À Flávia Fernandes Aquino, pelo apoio e companheirismo.

Aos amigos do Laboratório de Sementes Florestais, Adriano Silva, Andreza Martins, Allan Magalhães, Cristiane Guimarães, Ezequiel Gasparin, Francesca Salla, Janice Ferreira, Lorena Egídio, Lorrان Arantes, Luiz Carlos Junior, Natália Silva, Olívia Tonetti, Paulo Magistrali, Pauliana Carvalho, Rafaela Mayrinck, Raniere Andrade, Rosimeire Silva, Samantha Ramos e Tatiana Arantes e aos amigos e companheiros de república, Ailton Gonçalves, Filipe Couto, Isaac Junior, Thiago Matos e Wilson Vicente, por todo apoio e amizade.

À José Carlos Martins e José Pedro, pela grande ajuda na coleta das sementes.

À Universidade Federal de Lavras pela disponibilização de estrutura e recursos materiais para a realização das pesquisas.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos.

A todos que torceram e contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho...

Muito Obrigado!

## RESUMO GERAL

Objetivou-se, neste trabalho, investigar alguns aspectos ecofisiológicos da germinação e o armazenamento de sementes da palmeira jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). No primeiro artigo, avaliou-se o efeito da temperatura (5°C ou 20°C) e do conteúdo de água inicial das sementes sobre a germinação e a viabilidade durante um ano de armazenamento. Modificações na germinabilidade e viabilidade também foram avaliadas durante um ano em sementes enterradas em campo, simulando um banco de sementes experimental. A temperatura e o tempo de armazenamento influenciaram a germinação e a viabilidade. O conteúdo de água inicial das sementes não influenciou as variáveis analisadas. A germinação e a viabilidade das sementes diminuíram ao longo do armazenamento, independente do método utilizado. Não foram observadas diferenças entre o percentual de embriões alongados (cultivo *in vitro*) entre os tratamentos após doze meses de armazenamento. No campo, o mesmo padrão de redução da viabilidade ao longo do tempo foi observado, com total perda de viabilidade após sete meses. Foi concluído que sementes de jerivá apresentam tolerância à dessecação e curta longevidade após a embebição, não sendo capazes de formar um banco de sementes persistente. No segundo artigo, avaliou-se a germinação e a absorção de água das sementes no interior de pirênios intactos ou escarificados na região do poro germinativo. A germinação das sementes e o alongamento *in vitro* dos embriões de sementes obtidas de frutos com diferentes estádios de maturação (verde, intermediário e maduro) armazenados ou recém-colhidos também foi avaliada. Os níveis endógenos de giberelinas e ácido abscísico de sementes obtidas de frutos verdes ou maduros foram mensurados em duas estruturas (opérculo e embrião). O endocarpo e as fibras do poro não restringem a absorção de água pela semente. A remoção das fibras do poro não proporciona incremento na germinação. Sementes obtidas de frutos recém-colhidos germinam em maiores porcentagens do que sementes armazenadas, sendo que sementes recém-colhidas de frutos intermediários ou maduros apresentam os maiores percentuais de germinação. Embriões cultivados *in vitro* apresentaram altos percentuais de alongamento, independente do armazenamento e do estágio de maturação. A análise dos hormônios evidenciou uma alta relação GAs/ABA tanto no embrião quanto no opérculo. Conclui-se que sementes de jerivá são dispersas em um estado não dormente e a diminuição da germinação em sementes armazenadas pode ser atribuída à dormência secundária e/ou aumento da susceptibilidade à deterioração.

**Palavras-chave:** Palmeira. Banco de sementes. Ácido abscísico. Giberelinas. Dormência. Cultivo *in vitro*.

## ABSTRACT

The objective of this work was to investigate some ecophysiological aspects of germination and seed storage of queen palm (*Syagrus romanzoffiana*). In the first article, we evaluated the effect of temperature (5 °C or 20°C) and the initial water content of seeds on germination and viability during one year of storage. Changes in germinability and viability were also evaluated in buried seeds at the field, simulating an experimental seed bank. The temperature and storage time showed effects on germination rates and viability. The initial water content of the seeds did not affect seed longevity. Germination and seed viability decreased during storage, regardless of the method used. It was not observed differences in elongation of embryos (*in vitro*) between treatments after twelve months of storage. At the field, the same pattern of reduction of viability over time was observed with total loss of viability after seven months. It was concluded that queen palm seeds exhibit desiccation tolerance and short longevity after soaking, not being able to form a persistent seed bank. In the second article, it was evaluated the germination and water absorption of seeds inside intact or scarified pyrenes in the germ pore region. Seed germination and embryo elongation of seeds from fruits collected at different ripening stages (green, intermediate and mature) stored or freshly harvested was also evaluated. Endogenous levels of gibberellins and abscisic acid of seeds from fruits collected green or ripe (mature) were measured in two structures (operculum and embryo). The pore fibers did not restrict the absorption of water. Scarification of the fiber pore did not provide increase in germination. Seeds from freshly harvested fruits germinated at higher percentages than stored seeds. Freshly harvested seeds from fruits of intermediate maturation or fully ripe presented the highest percentage of germination. Embryos cultured *in vitro* showed high percentage elongation, independently of storage and ripening stage. Hormones analysis revealed a high ratio of GAs/ABA in both embryo and operculum. We conclude that queen palm seeds are dispersed in a non-dormant state and the decrease in germination in stored seeds may be attributed to secondary dormancy and/or increased susceptibility to deterioration.

**Keywords:** Palm tree. Soil seed bank. *Ex situ* conservation. Abscisic acid. Gibberellins. Dormancy. *In vitro* culture.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	9
2. REFERÊNCIAS .....	11
3. ARTIGO 1: GERMINAÇÃO E LONGEVIDADE DE SEMENTES DE JERIVÁ ( <i>Syagrus romanzoffiana</i> ) EM CONDIÇÕES NATURAIS E CONTROLADAS.....	13
4. INTRODUÇÃO.....	15
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
5.1 Coleta e beneficiamento das sementes.....	17
5.2 Caracterização inicial das sementes.....	17
5.3 Efeitos do conteúdo de água e da temperatura de armazenamento na longevidade das sementes.....	18
5.4 Germinação, viabilidade e variação do conteúdo de água das sementes em um banco experimental.....	19
5.5 Análise dos dados.....	20
6. RESULTADOS.....	21
6.1 Efeitos do conteúdo de água e da temperatura de armazenamento na longevidade das sementes.....	21
6.2 Germinação, viabilidade e variação do conteúdo de água das sementes em um banco experimental.....	24
7. DISCUSSÃO.....	26
8. REFERÊNCIAS.....	31
9. ARTIGO 2: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Syagrus romanzoffiana</i> : EFEITOS DO ENDOCARPO, ARMAZENAMENTO E ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS.....	36
10. INTRODUÇÃO.....	38
11. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
11.1 Coleta e beneficiamento das sementes.....	41
11.2 Caracterização inicial das sementes.....	41
11.3 Efeito do endocarpo e das fibras do poro germinativo sobre a absorção de água pelas sementes.....	42
11.4 Efeito da remoção das fibras do poro germinativo sobre a germinação das sementes.....	43
11.5 Efeito do estágio de maturação sobre a germinação das sementes.....	43
11.6 Efeito do estágio de maturação no alongamento <i>in vitro</i> dos embriões.....	43
11.7 Avaliação dos níveis endógenos de ABA e giberelinas em estruturas de sementes obtidas de frutos verdes e maduros.....	44
11.8 Análise dos dados.....	45
12. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
13. REFERÊNCIAS.....	62

## INTRODUÇÃO GERAL

O jerivá, *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman., é uma espécie de palmeira de estipe solitário com 35 a 50 cm de diâmetro e de 7 a 15 metros de altura, que produz frutos globosos ou ovoides, amarelos ou alaranjados, com 2 a 3 cm de comprimento, que consistem em um mesocarpo fibrocaroso e adocicado e um endocarpo pétreo que envolve uma ou mais raramente duas sementes oleaginosas (LORENZI et al., 2004). O jerivá é nativo da América do Sul e apresenta a maior distribuição entre as espécies do gênero, com ampla distribuição pelos territórios do Brasil, Argentina, Uruguai, Bolívia e Paraguai (FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; ULBERICH, 2012; LORENZI et al., 2004; GLASSMAN, 1987). No Brasil, o jerivá pode ser encontrado em diversas fitofisionomias tais como, floresta atlântica, restinga, cerrado e floresta sazonalmente seca (BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUES, 2011).

*S. romanzoffiana* apresenta grande potencial econômico, pois é amplamente utilizada como planta ornamental em vários países do mundo, sendo a espécie de palmeira mais utilizada na arborização urbana no Brasil (LORENZI et al., 1996). O mesocarpo e a amêndoa dos frutos são apreciados por populações tradicionais e o palmito apresenta potencial para comercialização em conserva (RAUPP; KULCHETSCKI; BOSMULER, 2007; LORENZI et al., 2004). O teor de óleo das sementes de jerivá pode exceder 50% (MOREIRA et al., 2013; COIMBRA; JORGE, 2011), aliado a isso, o jerivá possui elevada resistência a condições de seca e frutificação abundante durante todo o ano, o que tem fomentado discussões acerca da implantação de cultivos comerciais da espécie, visando a sua utilização como matéria-prima para a produção de biocombustíveis (MOREIRA et al., 2013; FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; ULBERICH, 2012). Ecologicamente, o jerivá é considerado uma espécie-chave, pois seus frutos são consumidos, principalmente, por aves e

mamíferos (GIOMBINI; BRAVO; MARTÍNEZ, 2009), tornando interessante a utilização da espécie em programas de reflorestamento, tendo como objetivo a atração da fauna.

A produção de mudas de jerivá em larga escala, assim como de outras palmeiras, é restringida pelas dificuldades na propagação que, no caso do jerivá, ocorre exclusivamente via sementes. As palmeiras, em geral, apresentam germinação lenta, irregular e frequentemente em baixa porcentagem (BROSCHAT, 1994) e a ocorrência de dormência é relativamente comum (OROZCO-SEGOVIA, 2003; MEEROW, 1991). Segundo Lorenzi (2004), sementes de jerivá necessitam de 3 a 6 meses para germinarem, o que sugere que as mesmas apresentam algum tipo de dormência. Entretanto, os mecanismos de germinação e dormência da maioria das espécies de palmeiras são pouco conhecidos (OROZCO-SEGOVIA, 2003) e, no caso específico do jerivá, existem poucas informações na literatura sobre esses aspectos (PIVETTA et al., 2005).

Dentre os trabalhos sobre os aspectos fisiológicos de sementes de jerivá realizados até o presente momento, foram abordados o efeito de temperaturas, armazenamento, tratamentos pré-germinativos, secagem parcial e do estágio de maturação dos frutos sobre a germinação das sementes (BROSCHAT; DONSELMAN, 1987; PIVETTA et al., 2005; GOUDEL et al., 2013). No entanto, mais estudos são necessários a fim de se elucidar o comportamento fisiológico e os mecanismos envolvidos no controle da germinação.

Em virtude das potencialidades da espécie, torna-se necessário o desenvolvimento de metodologias, principalmente em relação à propagação, visando à produção de mudas. Informações acerca de métodos de armazenamento das sementes, tratamentos que estimulem a germinação e do comportamento das sementes em campo, são de grande importância para possibilitar a utilização da espécie, para fins ecológicos ou agroindustriais.

No presente trabalho, estudaram-se aspectos ecofisiológicos da germinação e o armazenamento de sementes de *S. romanzoffiana*, a fim de se ampliar as informações acerca da propagação da espécie. No primeiro artigo, foram avaliadas a longevidade e as modificações na germinabilidade das sementes armazenadas em condição de laboratório ou enterradas em campo, simulando um banco de sementes, com o objetivo de obter informações sobre o comportamento das sementes em seu ambiente natural, além de indicar métodos que mantenham a viabilidade das sementes por maiores períodos. No segundo artigo, foi investigada a influência de fatores, tais como o endocarpo e o estágio de maturação dos frutos sobre a germinação das sementes, visando fornecer informações úteis sobre métodos efetivos de propagação da espécie e elucidar quais fatores estão diretamente envolvidos no controle da germinação.

## REFERÊNCIAS

BRANCALION, P. H. S. A.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 39, n. 2, p. 412-424, 2011.

BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 360, p. 141-147, 1994.

BROSCHAT, T. K.; DONSELMAN, H. Effects of fruit maturity, storage, presoaking, and seed cleaning on germination in three species of palms. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 5, n. 1, p. 6-9, Mar. 1987.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jervivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, Philadelphia, v. 44, n. 7, p. 2139–2142, Aug. 2011.

FALASCA, S. L.; MIRANDA DEL FRESNO, C.; ULBERICH, C. Possibilities for growing queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) in Argentina as a biodiesel

producer under semi-arid climate conditions. **International Journal of Hydrogen Energy**, Philadelphia, v. 37, n. 19, p. 14843–14848, Oct. 2012.

GIOMBINI, M. I.; BRAVO, S. P.; MARTÍNEZ, M. F. Seed dispersal of the palm *Syagrus romanzoffiana* by tapirs in the semi-deciduous Atlantic forest of Argentina. **Biotropica**, Lawrence, v. 41, n. 4, p. 408-413, July 2009.

GLASSMAN, S. F. Revision of the palm genus *Syagrus* Mart. and the other genera in the Cocos Alliance. **Illinois Biological Monographs**, Urbana, v. 56, p.1-231, 1987.

GOUDEL, F. et al. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 27, n. 1, p. 147-154, 2013.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2004.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 1996.

MEEROW, A. W. **Palm seed germination**. Florida: Cooperative Extension Service, 1991. (Bulletin, 274).

MOREIRA, M. A. C. et al. Characterization of *Syagrus romanzoffiana* oil aiming at biodiesel production. **Industrial Crops and Products**, Philadelphia, v. 48, p. 57-60, July 2013.

OROZCO-SEGOVIA, A. et al. Seed biology of palms: a review. **Palms**, Austin, v.47, n. 2, p. 79-94, 2003.

PIVETTA, K. F. L. et al. Effect of temperature on seed germination of queen palm *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 683, p. 379-381, 2005.

RAUPP, D. S.; KULCHETSCKI, L.; BOSMULER, L. C. Processamento de palmito jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) em conserva. **Revista Tecnológica**, Maringá, v.16, p. 75-82, 2007.

**ARTIGO 1. GERMINAÇÃO E LONGEVIDADE DE SEMENTES DE JERIVÁ (*Syagrus romanzoffiana*) EM CONDIÇÕES NATURAIS E CONTROLADAS.**

**RESUMO**

A germinação e a longevidade de sementes de jerivá em condições naturais (banco de sementes experimental) e em condições de laboratório foram avaliadas. Sementes com conteúdo de água de 5 e 18% foram armazenadas em sacos de polietileno e mantidas a 5°C ou 20°C, durante um ano para avaliação do percentual de germinação e de sementes viáveis em determinados intervalos de tempo. No campo, sementes de jerivá foram enterradas em uma borda de fragmento florestal e exumadas mensalmente para a avaliação do percentual de sementes germinadas e viáveis. A emergência de plântulas no campo também foi avaliada. Observou-se efeito do tempo e da temperatura de armazenamento sobre os percentuais de germinação e de viabilidade. O conteúdo de água inicial das sementes não influenciou as variáveis analisadas. A germinação e a viabilidade das sementes diminuíram ao longo do armazenamento, independente do método utilizado. Não foram observadas diferenças entre o percentual de embriões alongados (cultivo *in vitro*) entre os tratamentos após doze meses de armazenamento. A diminuição na germinação e viabilidade também foi observada no campo, sendo que todas as sementes apresentaram-se inviáveis após sete meses. A emergência de plântulas no campo alcançou 9,8%. Concluiu-se que sementes de jerivá apresentam tolerância à dessecação, curta longevidade após a embebição e baixo potencial de formação de banco de sementes do solo.

**Palavras-chave:** Palmeira. Armazenamento. Banco de sementes. Conservação *ex situ*.

### ABSTRACT

Germination and longevity of queen palm seeds under natural conditions (experimental seed bank) and in controlled conditions were evaluated. Seeds with water content of 5 and 18 % were placed in polyethylene bags and kept at 5 °C or 20°C for one year to evaluate the percentage of germination and seed viability after storage. At the field, queen palm seeds were buried in a forest fragment edge and then exhumed monthly to evaluate the percentage of germinated and viable seeds. The seedling emergence in the field was also evaluated. Effect of time and storage conditions was observed on the percentage of germination and viability. The initial water content of the seeds did not affect the seed longevity. Germination and seed viability decreased during storage, regardless of the method used. No differences were observed between the percentages of elongated embryos (*in vitro* culture) between treatments after twelve months of storage. The decrease in germination and viability was also observed in the field, where all seeds had become unviable after seven months. At the field the seedling emergence reached 9.8% without mortality during the study period. We conclude that queen palm seeds exhibit desiccation tolerance and short longevity after soaking, not being able to form a persistent soil seed bank.

**Keywords:** Palm tree. Storage. Soil seed bank. *Ex situ* conservation.

## INTRODUÇÃO

As sementes, em geral, podem se comportar de maneiras distintas no armazenamento, sendo classificadas como recalcitrantes, ortodoxas ou intermediárias, com base na tolerância à dessecação e ao armazenamento à baixas temperaturas (HONG; ELLIS, 1996; VON FINTEL; BERJAK; PAMMENTER, 2004). As sementes recalcitrantes são dispersas com elevado teor de água e são intolerantes à dessecação e a baixas temperaturas, apresentando curta longevidade quando armazenadas, enquanto que as sementes ortodoxas, por sua vez, são capazes de tolerar a dessecação e o armazenamento em temperaturas abaixo de zero, mantendo-se viáveis por longos períodos, principalmente quando armazenadas de maneira adequada (ROBERTS, 1973). Alguns autores consideram ainda uma categoria intermediária, que incluem sementes que são relativamente tolerantes à dessecação, mas intolerantes a baixas temperaturas (HONG; ELLIS, 1996).

*Syagrus romanzoffiana*, conhecida como jerivá, é uma palmeira tropical amplamente utilizada para fins ornamentais em vários países do mundo (LORENZI, 1996). A espécie possui ainda importância ecológica, em decorrência da interação com aves e mamíferos frugívoros (GIOMBINI; BRAVO; MARTÍNEZ, 2009), o que faz com que a espécie seja utilizada em programas de reflorestamento. Devido à crescente demanda por mudas da espécie é importante a ampliação dos conhecimentos sobre condições ideais de armazenamento das sementes por longo prazo.

Segundo Broschat (1994), a desidratação em sementes de palmeiras é um dos principais fatores que ocasiona diminuição da viabilidade e representa um problema para a conservação das sementes. Por essa razão, tem sido recomendado o plantio imediato das sementes ainda frescas (MEEROW, 1991). Diversos estudos têm avaliado o comportamento de sementes de palmeiras no armazenamento (CARPENTER; OSTMARK, 1994; VON FINTEL; BERJAK;

PAMMENTER, 2004; RAKOTONDRANONY et al., 2006; CHIEN; CHEN, 2008). Embora existam indícios de que sementes de jerivá apresentem comportamento ortodoxo, poucos trabalhos fornecem informações acerca do comportamento fisiológico da espécie. Em trabalho realizado por Broschat e Donselman (1987), observou-se que sementes de jerivá armazenadas em sacos de polietileno à 23°C não apresentam grandes modificações em relação à germinabilidade até quatro meses de armazenamento. Após esse período, no entanto, a germinabilidade decresce rapidamente, não sendo mais constatada viabilidade, após dez meses de armazenamento.

A longevidade ou capacidade das sementes em preservar a viabilidade é essencial à formação de um banco de sementes persistente no solo, o que tem papel determinante na adaptação das espécies aos diversos ambientes (BASKIN; BASKIN, 1998). Devido as particularidades de cada habitat, a forma mais precisa de se avaliar a longevidade de sementes é enterrá-las no solo, e retirar amostras em determinados intervalos de tempo para determinação de sua viabilidade (BASKIN; BASKIN, 2006).

Thompson, Bakker e Bekker (1997) considera que a formação de um banco de sementes refere-se à sobrevivência de sementes no solo por mais de um ano, e a persistência de um banco de sementes significa a sobrevivência no solo durante mais de cinco anos. Embora a presença de dormência nas sementes possa contribuir para a formação de um banco de sementes persistente, pela manutenção da viabilidade durante o período em que a germinação é suprimida, alguns trabalhos têm evidenciado que não há uma relação próxima entre dormência e formação de banco de sementes (HONDA, 2008, THOMPSON; BAKKER; BEKKER, 2003).

Diante do exposto, no presente estudo procurou-se avaliar as modificações na germinação, viabilidade e conteúdo de água das sementes de *S. romanzoffiana* em condições naturais e de laboratório, visando a responder às

seguintes perguntas: i) sementes apresentam tolerância à dessecação?; ii) a espécie é capaz de formar um banco de sementes persistente? ; iii) qual a condição ideal de armazenamento para as sementes?

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Coleta e beneficiamento das sementes***

Frutos maduros foram coletados em julho de 2012, de dezoito indivíduos de *S. romanzoffiana*, presentes no campus da Universidade Federal de Lavras - UFLA e, imediatamente, acondicionados em sacos plásticos fechados à sombra, por cinco dias, visando ao amolecimento da polpa. Os frutos foram despulpados, utilizando-se uma despoldadeira elétrica vertical, para a obtenção dos pirênios (endocarpo + semente). Os pirênios foram transportados até o Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras, para a realização dos experimentos.

### ***Caracterização inicial das sementes***

Após o beneficiamento, pirênios foram quebrados com o auxílio de um torno manual de bancada para a obtenção das sementes. Para a avaliação da germinação, pirênios (quatro repetições de 25) foram semeados em bandejas de plástico, contendo areia esterilizada e colocados em germinador do tipo Mangelsdorf, a 30°C, sob luz constante. Sendo a emergência de plântulas avaliada semanalmente e utilizada como critério de germinação. Foi determinado o conteúdo de água das sementes pelo método da estufa por 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições de cinco sementes. A viabilidade foi determinada pelo teste de tetrazólio a 0,5%, seguindo

metodologia de Ribeiro et al. (2010) para a macaúba (*Acrocomia aculeata*), sendo utilizadas quatro repetições de dez embriões.

### ***Efeitos do conteúdo de água e da temperatura de armazenamento na longevidade das sementes***

Sementes com conteúdos de água de 18% e 5% foram armazenados em sacos de polietileno, em duas condições: câmara fria (5°C) e sala climatizada (20°C). Os conteúdos de água foram alcançados após secagem das sementes em sala climatizada a 20°C, com umidade relativa de 75% ( $\pm 10\%$ ), com monitoramento periódico do conteúdo de água das sementes por meio do método da estufa. O conteúdo de água de 18% foi alcançado após secagem parcial das sementes por cinco dias e o conteúdo de 5% foi alcançado após secagem por aproximadamente três semanas. Foram determinadas a germinabilidade (%G), a viabilidade pelo teste de tetrazólio e o conteúdo de água das sementes, após 3, 6 e 12 meses de armazenamento em todas as condições. Para a avaliação da germinação, quatro repetições de 25 pirênios foram semeadas em bandejas de plástico contendo areia esterilizada e incubadas em germinador do tipo Mangelsdorf, a 30°C, sob luz constante. A emergência de plântulas foi o critério utilizado para a germinação, sendo avaliada semanalmente, durante quatro meses, para cálculo da %G. Após doze meses de armazenamento, uma amostra de sementes teve o embrião excisado para o cultivo *in vitro*. Os embriões foram excisados das sementes com o auxílio de um estilete e desinfestados em solução de 0,5% de hipoclorito de sódio por 10 minutos. Em condições assépticas (câmara de fluxo laminar), os embriões foram inoculados em tubos de ensaio, contendo 2mL do meio: Sais MS; 0,4 mg/L de tiamina; 1mg/L de piridoxina; 0,5 mg/L de ácido nicotínico; 100 mg/L de mio-inositol; 0,5 g/L de caseína hidrolizada; 3g/L carvão ativado; 30 g/L de sacarose; 6 g/L de ágar; pH ajustado para 5,7. Os tubos foram cobertos por folha de papel

alumínio, sendo o cultivo realizado em germinador à temperatura de 30°C, na ausência de luz. Após 30 dias de cultivo, foi avaliado o percentual de embriões apresentando alongamento, o que foi considerado como indicativo da viabilidade (Ribeiro et al., 2012b).

### ***Germinação, viabilidade e variação do conteúdo de água das sementes em um banco experimental***

Pirênios, cujas sementes possuíam conteúdo de água de 18% foram enterrados em uma borda de fragmento florestal presente na Universidade Federal de Lavras – UFLA, simulando a dispersão natural e a formação de banco de sementes dessa espécie. Foram estabelecidas quatro repetições de 65 pirênios para avaliação da germinação, totalizando 260 pirênios por ponto amostral. Desses 260 pirênios, foram estabelecidas outras quatro repetições de 15 sementes, para avaliação da viabilidade e de 10 sementes, para determinação do conteúdo de água. Os pirênios foram dispostos em redes de polietileno (uma para cada ponto amostral), com malha de 1cm, e cobertos por 3 cm de solo da área de estudo. Mensalmente, durante doze meses, uma amostra foi exumada do solo, avaliando-se, a viabilidade, o conteúdo de água das sementes e do solo e a porcentagem de sementes germinadas (%G). Para a determinação da viabilidade, foram utilizadas somente sementes não germinadas. Os pirênios foram quebrados com o auxílio de um torno manual de bancada e inicialmente caracterizados como aparentemente viáveis (semente e embrião íntegros) ou inviáveis (semente ou embrião deteriorado, oxidado ou predado). Em seguida, os embriões foram excisados das sementes e submetidos ao teste de tetrazólio (RIBEIRO et al., 2010). O conteúdo de água foi determinado, utilizando-se quatro repetições de cinco sementes, que foram desidratadas em estufa a 105°C, por 24 horas (BRASIL, 2009). A umidade do solo foi monitorada mensalmente, a partir de amostras do local de estudo, utilizando-se o método gravimétrico.

Adicionalmente, foram enterradas oito repetições de 50 pirênios, para a avaliação mensal da emergência e sobrevivência de plântulas, para tal, as amostras foram mantidas no banco durante todo o período amostral. Os dados climatológicos locais foram obtidos, por meio da Estação Meteorológica da Universidade Federal de Lavras, localizada a aproximadamente 1 km do local de estudo.

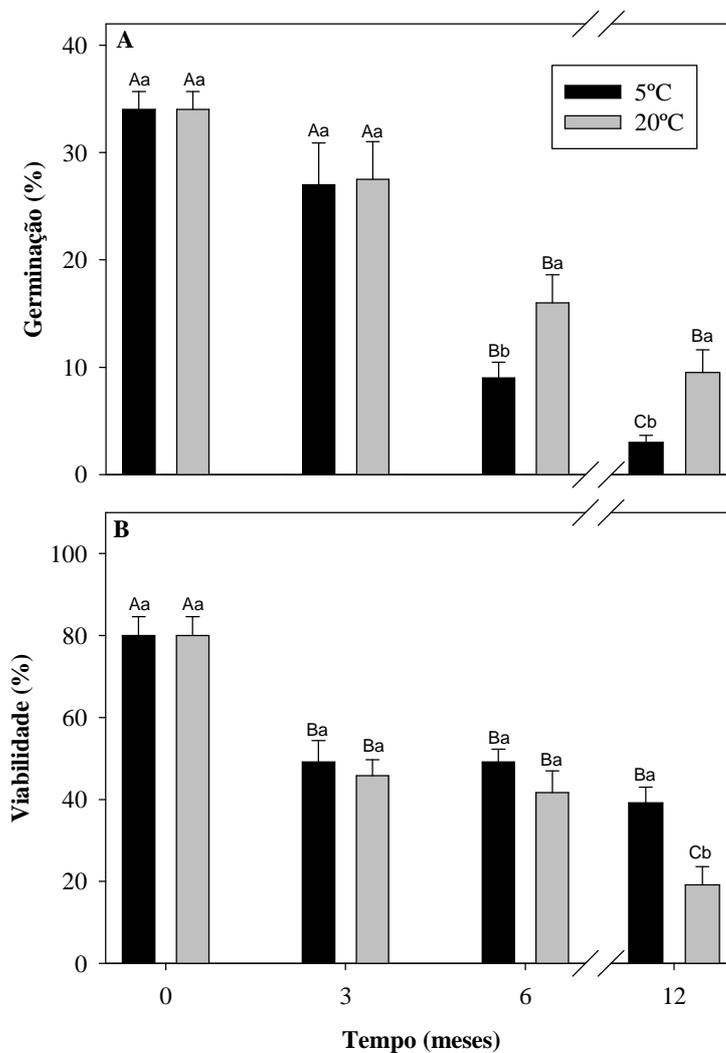
### ***Análise dos dados***

Os experimentos foram estabelecidos em delineamento inteiramente casualizado, sendo que o experimento de armazenamento em laboratório foi realizado em esquema fatorial 2 (sementes com 18 e 5% de conteúdo de água) x 2 (temperatura de armazenamento) x 4 (tempos de armazenamento). Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e quando constatada a ausência de distribuição normal dos dados ( $p < 0,05$ ), os mesmos foram submetidos à transformação ao arco seno de  $(x/100)-0,5$  (dados percentuais),  $\log_{10}(x)$  (dados de medida) ou outras transformações possíveis, sendo submetidos novamente ao teste de Shapiro-Wilk. Dados normais ou normalizados, após a transformação ( $p > 0,05$ ), foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) para ambos os experimentos, e se constatada a influência das variáveis explicativas sobre as dependentes ( $p < 0,05$ ), foi realizado teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (somente para os dados de armazenamento em laboratório). As análises foram realizadas, utilizando os softwares SAS System for Windows V8 (RESEARCH COMPUTING, 1990) e Sisvar, sendo os gráficos confeccionados, utilizando o software Sigma Plot®.

## RESULTADOS

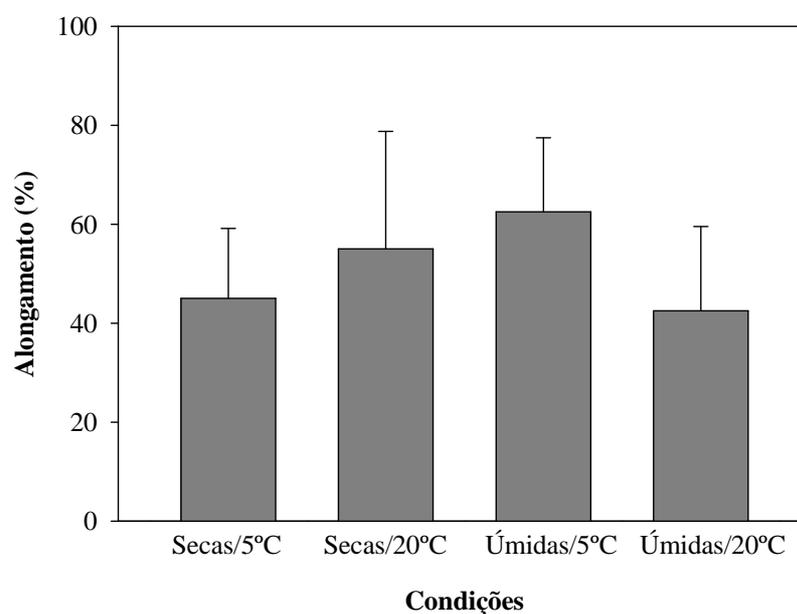
### *Efeitos do conteúdo de água e da temperatura de armazenamento na longevidade das sementes*

Foi observado efeito do tempo e da temperatura de armazenamento sobre %G e viabilidade, no entanto, não houve interação entre essas duas variáveis. Os conteúdos de água iniciais (18 ou 5%) não influenciaram as variáveis avaliadas. Sementes não armazenadas (tempo zero) com conteúdo de água de 18% apresentaram 34% de germinação e 80% de viabilidade. Observou-se uma tendência de redução da porcentagem de germinação e da viabilidade das sementes (pelo teste de tetrazólio), ao longo do armazenamento, independente da temperatura utilizada (Figura 1).



**Figura 1.** Variação nos percentuais de germinação (A) e viabilidade avaliada pelo teste de tetrazólio (B) de sementes de jerivá armazenadas à 5°C e 20°C. Letras maiúsculas iguais indicam ausência de diferenças significativas entre os percentuais de germinação e viabilidade entre os tempos e letras minúsculas iguais indicam ausência de diferenças significativas entre sementes armazenadas a 5°C ou 20°C, dentro de cada tempo, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

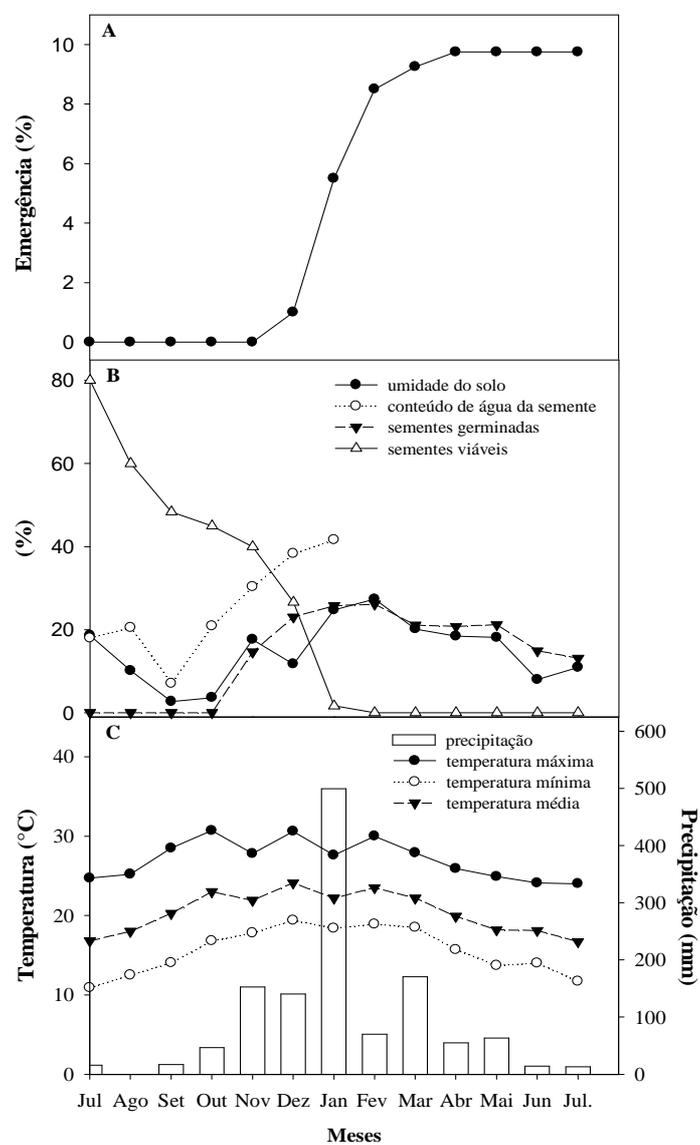
A germinação das sementes armazenadas a 20°C foi superior à de sementes armazenadas a 5°C, aos 6 e 12 meses. No entanto, sementes armazenadas a 5°C apresentaram maior percentual de viabilidade aos 12 meses (Figura 2B). Levando-se em consideração apenas a última avaliação (12 meses), houve efeito da temperatura de armazenamento sobre a germinação e sobre a viabilidade e efeito do conteúdo de água inicial sobre a viabilidade. Não foram observadas diferenças significativas no percentual de embriões alongados (cultivo *in vitro*) entre os tratamentos (Figura 2). Comparando-se os resultados do cultivo *in vitro* com os do teste de tetrazólio, houve divergências somente nas sementes armazenadas úmidas (com 18% de conteúdo de água).



**Figura 2.** Percentuais de alongamento de embriões de jervá após doze meses de armazenamento das sementes em diferentes condições. As barras representam o desvio padrão.

***Germinação, viabilidade e variação do conteúdo de água das sementes em um banco experimental***

As sementes apresentaram viabilidade inicial de 80% pelo teste de tetrazólio. Após o enterrio, esse percentual apresentou redução gradual, até valor próximo de zero, após seis meses, sendo que, no sétimo mês todas as sementes não germinadas apresentaram-se inviáveis (Figura 3B). O conteúdo de água das sementes declinou após dois meses, seguido de um aumento gradativo até o sexto mês, ocasião na qual a maioria das sementes estava deteriorada (81,6%). O aumento no conteúdo de água das sementes esteve relacionado com o aumento da precipitação (Figura 3C). No sétimo mês, todas as sementes que não germinaram estavam deterioradas, não sendo mais avaliado o conteúdo de água das mesmas. A germinação se iniciou no quarto mês após o enterrio e alcançou o máximo percentual no sétimo mês (26,15%). A umidade do solo apresentou grandes variações ao longo do experimento, chegando a apresentar um valor inferior a 3% (base seca) no segundo mês. A emergência de plântulas foi observada somente após cinco meses e se estabilizou aos nove meses, quando atingiu seu máximo percentual (9,8%) (Figura 3A). Não foi observada mortalidade de plântulas durante o período avaliado.



**Figura 3.** Emergência de plântulas (A); variação na umidade do solo e das sementes e porcentagem de sementes germinadas e viáveis (B) e dados climatológicos (C), durante os doze meses do experimento.

## DISCUSSÃO

Sementes de *S. romanzofianna* apresentam tolerância à dessecação, o que sugere que as mesmas tenham comportamento ortodoxo. A tolerância à dessecação em sementes da espécie já havia sido reportada por Goudel et al. (2013). Algumas espécies do gênero, tais como *Syagrus flexuosa*, *S. botryophora* e *S. yungasensis* também apresentam esse mesmo comportamento (PRITCHARD et al., 2004). Em trabalho desenvolvido por Broschat e Donselman (1987) foi observado que sementes de jerivá armazenadas a 23°C não apresentam germinação após onze meses. Os resultados do presente trabalho, no entanto, demonstram que mesmo após um ano, as sementes de jerivá são capazes de manter um percentual de viabilidade igual ou superior à 45% (avaliado pelo alongamento dos embriões *in vitro*). Assim, a redução nos percentuais de germinação ao longo do armazenamento não está relacionada apenas à redução na viabilidade das sementes, sendo sugeridas algumas hipóteses. A primeira hipótese é a de aquisição de dormência secundária durante o armazenamento e a segunda hipótese é a de que as sementes, durante o armazenamento, aumentam sua susceptibilidade à deterioração, fazendo com que as mesmas deterioresem antes de germinar. As duas hipóteses não são excludentes e poderão ser testadas em trabalhos posteriores.

A germinabilidade não é um bom indicativo de viabilidade para sementes de jerivá. Dessa forma, torna-se necessária a utilização de outros métodos para a avaliação da viabilidade, principalmente durante o armazenamento. O cultivo *in vitro* dos embriões é um método adequado para se estimar a viabilidade das sementes (BHOJWANI; RAZDAN, 1996) e tem se mostrado eficaz para algumas palmeiras, tais como *Acrocomia aculeata*, *Orbygnia phalerata* e *Butia capitata* (RIBEIRO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012; RUBIO-NETO et al., 2012; DIAS et al., 2013). Uma vez que o teste de tetrazólio utilizado no presente trabalho foi desenvolvido para *Acrocomia*

*aculeata* (RIBEIRO et al., 2010) e que necessita de adequações, sugere-se a utilização do cultivo *in vitro* para a avaliação da viabilidade de sementes de jerivá.

Não foi possível indicar um método mais adequado para a manutenção da viabilidade das sementes de jerivá. Em trabalho de Ribeiro et al. (2012), por outro lado, foi observado que a viabilidade (alongamento dos embriões) de sementes de *Acrocomia aculeata* foi maior quando estas foram armazenadas em câmara fria, se comparadas àquelas armazenadas à temperatura ambiente (22°C). Para a palmeira *Phoenix hanceana*, o armazenamento de sementes com um conteúdo de água entre 4,8%-8,2% a 4°C foi capaz de manter a viabilidade das sementes por um ano (CHIEN; CHEN, 2008). Uma vez que sementes de jerivá apresentam tolerância à dessecação, é recomendável a secagem das sementes até um conteúdo de água próximo a 5%, a fim de minimizar os danos causados pela deterioração durante o armazenamento. As sementes de jerivá são oleaginosas, podendo apresentar, aproximadamente, 50% de conteúdo lipídico (COIMBRA; JORGE, 2011). A peroxidação dos lipídeos tem sido relacionada à perda de viabilidade e à deterioração das sementes, durante o armazenamento, secagem ou germinação (RAJA; PALANISAMY; SELVARAJU, 2005; VERTUCCI; ROSS, 1990), sendo que taxas de deterioração superiores a 15% foram reportadas para sementes oleaginosas da palmeira macaúba durante a germinação (RIBEIRO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013).

As sementes de jerivá enterradas no banco de sementes experimental apresentaram uma curta longevidade, com mortalidade total das sementes, após sete meses de enterrio. O aumento da precipitação e o consequente aumento do conteúdo de água das sementes, provavelmente estão relacionados ao aumento da deterioração. Sementes de jerivá armazenadas secas (não embebidas) mantêm percentuais de viabilidade superiores à 45% após um ano. No campo, por outro lado, as sementes embeberam após as primeiras chuvas, sendo que parte dessas

sementes germinou e a maioria deteriorou. A baixa longevidade de sementes de jerivá após a embebição pode ser observada também em laboratório. Após os testes de germinação (quatro meses de duração), todas as sementes remanescentes (não germinadas) estavam deterioradas ou inviáveis. Dessa forma, o comportamento das sementes no campo e no laboratório é similar em relação à manutenção da viabilidade. Tal comportamento, no qual as sementes que não germinam, acabam morrendo por deterioração, é um indicativo de ausência de dormência na espécie (BRANCALION et al., 2011), uma vez que a vantagem ecológica da dormência não pode ser explorada em sementes que apresentam curta longevidade após a embebição.

Sementes de jerivá apresentam baixo potencial de formação de banco de sementes e são incapazes de formar banco de sementes persistentes, segundo as definições de Thompson, Bakker e Bekker (1997). Sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata*) as quais são ortodoxas, por outro lado, apresentam tal capacidade (RIBEIRO et al., 2012). A formação de um banco de sementes representa uma importante estratégia adaptativa das espécies vegetais, para superar períodos desfavoráveis para a germinação das sementes e/ou estabelecimento das plântulas (MOLES; WARTON; WESTOBY, 2003), sendo de grande importância para a regeneração das comunidades vegetais (FENNER, 1992). Algumas características de *S. romanzoffiana* parecem compensar a baixa longevidade das sementes e a incapacidade de formação de um banco de sementes persistente. Indivíduos de *S. romanzoffiana*, apresentam abundante frutificação durante todo o ano (GENINI; GALETTI; MORELLATO, 2009; FREIRE et al., 2013), dessa forma, a contínua reposição de sementes viáveis no solo possibilitam a regeneração da espécie.

A distribuição da frutificação durante todo o ano implica que sementes de jerivá podem estar sujeitas a diversas condições ambientais após a dispersão, levando em consideração que a espécie ocorre em ambientes sazonais. O pico de

frutificação de *S. romanzoffiana* é variável, mas, normalmente, concentra-se entre março e maio (FREIRE et al., 2013; GENINI; GALETTI; MORELLATO, 2009). Considerando o tempo necessário até a total maturação e a dispersão dos frutos, o banco de sementes instalado em julho conseguiu refletir, de certa forma, o que ocorre naturalmente com a espécie. As sementes dispersas em julho (estação seca), no entanto podem apresentar comportamentos distintos em relação à germinação e manutenção da viabilidade, em relação às sementes dispersas e incorporadas ao banco na estação chuvosa. Portanto, o efeito das condições ambientais nesses processos deve ser mais bem elucidado.

Sementes de jerivá são dispersas dentro de frutos carnosos, os quais são consumidos, principalmente, por aves e mamíferos antes e após a dispersão (GIOMBINI; BRAVO; MARTÍNEZ, 2009). Alguns desses dispersores podem, eventualmente, enterrar os frutos, favorecendo a conservação e possibilitando a germinação das sementes, após encontrarem condições favoráveis (OROZCO-SEGOVIA et al., 2003). A utilização de um banco de sementes experimental (ou artificial) pode burlar os processos naturais de enterrio de sementes, correndo-se o risco de superestimar (ou subestimar) a longevidade das sementes (THOMPSON; BAKKER; BEKKER, 2003). Outra questão a ser considerada é a elevada taxa de predação pré-dispersão por insetos em sementes de jerivá, que podem levar a outras interpretações, como, por exemplo, baixa viabilidade (BRANCALION et al., 2011).

A área na qual as sementes foram enterradas está situada na borda de um fragmento florestal, o que explica as flutuações observadas na umidade do solo. Em trabalho realizado por Schlindwein (2012), com banco de sementes da palmeira *Butia odorata* em fragmento florestal e área aberta (tal como a borda do presente estudo), foi observado que as sementes no interior do fragmento mantêm melhor sua viabilidade do que sementes enterradas na área aberta. No entanto, mesmo as sementes enterradas em área aberta, mantiveram percentual

de viabilidade superior a 40% após um ano, enquanto que sementes de jerivá perderam totalmente a viabilidade após sete meses no banco.

As diferenças entre os percentuais de germinação de sementes e emergência de plântulas podem ser explicadas pelo tipo de germinação encontrado em sementes de jerivá. As sementes da espécie apresentam germinação do tipo remota, na qual a o cotilédone se alonga e cresce, afastando-se da semente (BERNACCI; MARTINS; SANTOS, 2008). Assim, muitas plântulas não emergem imediatamente após a germinação, sendo que as sementes podem germinar e morrer antes da emergência da plântula. Tal fato explica a maior porcentagem de sementes germinadas (avaliadas após exumação das sementes) em relação à emergência e o fato de que a germinação foi observada primeiramente, ou seja, existe um período relativamente longo entre a germinação e a emergência. As diferenças entre os percentuais de germinação ao longo do tempo, também podem ser explicadas da mesma maneira. Provavelmente, todas as sementes germinaram em um curto intervalo de tempo. Nos meses próximos ao início da germinação foram observadas as sementes germinadas ainda vivas, porém nos meses subsequentes, observaram-se apenas sementes germinadas mortas, as quais foram consideradas também como germinadas. A redução no percentual de germinação ao longo do tempo, nesse caso, deve estar associada à predação por insetos ou microrganismos do solo das sementes germinadas mortas, impossibilitando que parte delas fosse contabilizada.

As sementes de jerivá enterradas no campo apresentaram 18% de conteúdo de água (após o beneficiamento). Sementes com esse mesmo conteúdo de água também foram utilizadas no armazenamento em laboratório. A germinação dessas sementes em laboratório não diferiu muito das mesmas em campo (34 e 26,15% respectivamente), no entanto, nas condições controladas de laboratório, as plântulas foram capazes de emergir e continuar seu

desenvolvimento, enquanto que no campo, a maioria das sementes morreu e, conseqüentemente, não completaram seu desenvolvimento. Acredita-se que, apesar dos baixos percentuais de germinação alcançados, sementes de jerivá não apresentam nenhum tipo de dormência, como já discutido anteriormente. Sendo tal afirmativa principalmente sustentada pela ausência de sementes “duras”, tanto no campo quanto no laboratório. Apesar do baixo percentual de emergência de plântulas (9,8%), o fato de que não foi observada mortalidade das mesmas, ou seja, que as plântulas conseguiram se estabelecer, sugere-se que, pelo menos parte delas, pode chegar à idade reprodutiva.

Conclui-se que sementes de jerivá apresentam tolerância à dessecação, podendo ser secadas antes do armazenamento. O armazenamento provoca redução na viabilidade, sendo que métodos mais efetivos de armazenamento, tais como armazenamento hermético e em diferentes temperaturas devem ser estudados, a fim de manter a viabilidade das sementes por maiores períodos. Sementes de jerivá apresentam curta longevidade após a embebição, tendo baixo potencial de formar um banco de sementes.

## REFERÊNCIAS

BASKIN, C. C., BASKIN, J. M. The natural history of soil seed banks of arable land. **Weed Science**, Lawrence, v.54, n. 3, p.549-557, May/June 2006.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998.

BERNACCI, L. C.; MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Estrutura de estádios ontogenéticos em população nativa da palmeira *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 119-130, jan./mar. 2008.

BHOJWANI, S. S.; RAZDAN, M. K. **Plant tissue culture: theory and practice**. Amsterdam: Elsevier, 1996.

BRANCALION, P. H. et al. Are we misinterpreting seed predation in palms? **Biotropica**, Lawrence, v. 43, n. 1, p. 12-14, Jan. 2011.

BRANCALION, P. H. S. A.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 39, n. 2, p. 412-424, 2011.

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

BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 360, p. 141-147, 1994.

BROSCHAT, T. K.; DONSELMAN, H. Effects of fruit maturity, storage, presoaking, and seed cleaning on germination in three species of palms. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 5, n. 1, p. 6-9, Mar. 1987.

CARPENTER, W. J.; OSTMARK, E. R. Temperature and desiccation affect the germination of *Chamaedora* palm seed. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v. 107, p. 183-186, 1994.

CHIEN, C.T.; CHEN, S.Y. Effects of seed moisture content and temperature on the storability of *Phoenix hanceana* (Arecaceae). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 36, n. 3, p. 781-787, Oct. 2008.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, Philadelphia, v. 44, n. 7, p. 2139-2142, Aug. 2011.

DIAS, D. S. et al. Effects of seed structures, sucrose and gibberellic acid on the germination of *Butia capitata* (Arecaceae). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 41, n. 3, p. 371-382, Dec. 2013.

FENNER, M. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**. Wallingford: CAB International, 1992.

FREIRE, C. C. et al. Reproductive phenology, seed dispersal and seed predation in *Syagrus romanzoffiana* in a highly fragmented landscape. **Annales Botanici Fennici**, Helsinki, v. 54, n. 4, p. 220-228, Aug. 2013.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Jena, v. 204, n. 2, p. 131-145, 2009.

GIOMBINI, M. I.; BRAVO, S. P.; MARTÍNEZ, M. F. Seed dispersal of the palm *Syagrus romanzoffiana* by tapirs in the semi-deciduous Atlantic forest of Argentina. **Biotropica**, Lawrence, v. 41, n. 4, p. 408-413, July 2009.

GOUDEL, F. et al. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 27, n. 1, p. 147-154, 2013.

HONDA, Y. Ecological correlations between the persistence of the soil seed bank and several plant traits, including seed dormancy. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 196, n. 2, p. 301-309, June 2008.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Roma: International Plant Genetic Resources Institute, 1996.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996.

MEEROW, A. W. **Palm seed germination**. Florida: Cooperative Extension Service, 1991. (Bulletin, 274).

MOLES A. T.; WARTON, D. I.; WESTOBY, M. Seed size and survival in the soil in arid Australia. **Austral Ecology**, Malden, v. 28, p. 575-585, 2003.

OLIVEIRA, T. G. S. et al. Use of phyto regulators in overcoming macaw palm seed dormancy. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 505-511, out./dez. 2013.

OROZCO-SEGOVIA, A. et al. Seed biology of palms: a review. **Palms**, Austin, v.47, n. 2, p. 79-94, 2003.

PRITCHARD, H. W. et al. 100-seed test for desiccation tolerance and germination: a case study on eight tropical palm species. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, n. 2, p. 393-403, July 2004.

RAJA, K.; PALANISAMY, V.; SELVARAJU, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability in desiccation sensitive arecanut (*Areca catechu* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 33, n. 1, p. 177-184, Apr. 2005.

RAKOTONDRANONY, G. L. et al. Seed storage responses in four species of the threatened genus *Ravenea* (Arecaceae). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 2, p. 513-517, July 2006.

RESEARCH COMPUTING. SAS Institute. **Softwares**. Cary: SAS Institute, 1990.

RIBEIRO, L. M. et al. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, abr. 2010.

RIBEIRO, L. M. et al. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 39, n. 2, p. 303-317, July 2011.

RIBEIRO, L. M. et al. The behaviour of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) seeds during storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 40, n. 3, p. 344-353, Oct. 2012.

RIBEIRO, L. M.; OLIVEIRA, D. M. T.; GARCIA, Q. S. Structural evaluations of zygotic embryos and seedlings of the macaw palm (*Acrocomia aculeata*, Arecaceae) during *in vitro* germination. **Trees**, Berlin, v. 26, n. 3, p. 851-863, June 2012.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 1, n. 3, p. 39-52, 1973.

RUBIO NETO, A. et al. *In vitro* germination and growth of babassu (*Orbygnia phalerata* Mart.) embryos subjected to different drying temperatures. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 46, p. 10605-10610, June 2012.

SCHLINDWEIN, G. **Implicações ecológicas da dormência de sementes em *Butia odorata* (Arecaceae)**. 2012. 139 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

THOMPSON, K.; BAKKER, J. P.; BEKKER, R. M. Are seed dormancy and persistence in soil related? **Seed Science and Research**, Cambridge, v. 13, n. 2, p. 97–100, June 2003.

THOMPSON, K.; BAKKER, J. P.; BEKKER, R. M. **The soil seed banks of north west Europe**: methodology, density and longevity. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

VERTUCCI, C. W.; ROOS, E. E. Theoretical basis of protocols for seed storage. **Plant Physiology**, Washington, v. 94, n. 3, p. 1019-1023, Nov. 1990.

VON FINTEL, G. T.; BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W. Seed behaviour in *Phoenix reclinata* Jacquin, the wild date palm. **Seed Science Research**, Cambridge, v.14, n. 2, p. 197–204, May 2004.

**ARTIGO 2: GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Syagrus romanzoffiana*: EFEITOS DO ENDOCARPO, ARMAZENAMENTO E ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS.**

**RESUMO**

Avaliaram-se aspectos relacionados ao controle da germinação de sementes de *Syagrus romanzoffiana*. A absorção de água e a germinação das sementes no interior de pirênios intactos ou escarificados na região do poro germinativo foram estudadas, bem como a emergência de plântulas e a germinação *in vitro* dos embriões de sementes obtidas de frutos com diferentes estádios de maturação (verde, intermediário e maduro) armazenados ou recém-colhidos. Os níveis endógenos de ABA e giberelinas de sementes armazenadas obtidas de frutos verdes e maduros foram analisados em duas estruturas (opérculo e embrião). O endocarpo e as fibras do poro não restringem a absorção de água pela semente. A remoção das fibras do poro (escarificação) não proporciona incremento na germinação. Sementes obtidas de frutos recém-colhidos germinam em maiores porcentagens do que sementes armazenadas, sendo que sementes recém-colhidas de frutos de maturação intermediária ou completamente maduros apresentam os maiores percentuais de germinação. Embriões cultivados *in vitro* apresentaram altos percentuais de alongamento, independente do armazenamento e do estágio de maturação. Ocorre alta relação GAs/ABA, tanto no embrião quanto no opérculo. Conclui-se que sementes de jerivá são dispersas em um estado não dormente e a diminuição da germinação em sementes armazenadas pode ser atribuída à dormência secundária e/ou aumento da susceptibilidade à deterioração.

**Palavras-chave:** Palmeira. Ácido abscísico. Giberelinas. Dormência. Cultivo *in vitro*.

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate aspects related to control of germination of *Syagrus romanzoffiana*. The water absorption and germination of seeds within intact or scarified pyrenes in the germ pore region were studied, as well the emergence of seedlings and *in vitro* development of embryos from seeds collected at different fruit ripening stages (green, intermediate and mature) stored or freshly harvested. Endogenous levels of ABA and gibberellins in stored seeds from green and ripe fruits were analyzed in two structures (operculum and embryo). The endocarp and the germ pore fibers did not restrict the absorption of water into the seed. Scarification of the fiber pore did not provide increase in seed germination. Seeds from freshly harvested fruits germinated at higher percentages than stored seeds. Freshly harvested seeds from fruits of intermediate maturation or fully ripe presented the highest percentage of germination. Embryos cultured *in vitro* showed high percentage of elongation, regardless storage and ripening stage. Analysis of hormones revealed a high ratio of GAs/ABA in both the embryo and operculum. We conclude that queen palm seeds are dispersed in a non-dormant state and the decrease in germination in stored seeds may be attributed to secondary dormancy and/or increased susceptibility to deterioration.

**Keywords:** Palm tree. Abscisic acid. Gibberellins. Dormancy. *In vitro* culture.

## INTRODUÇÃO

*S. romanzoffiana*, conhecida popularmente como jerivá, é uma palmeira distribuída pelo continente sul-americano, que apresenta importância econômica, principalmente devido à sua ampla utilização como planta ornamental (LORENZI et al., 1996). O fruto da espécie é composto por um mesocarpo fibrocaroso e um endocarpo pétreo que circunda uma ou mais raramente, duas sementes oleaginosas (LORENZI et al., 2004) (Figura 1). O teor de lipídeos nas sementes pode exceder 50% (COIMBRA; JORGE, 2011), o que faz com que a espécie apresente potencial para produção de biocombustíveis (FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; ULBERICH, 2012).

*S. romanzoffiana*, tal como a maioria das palmeiras, é propagada exclusivamente via sementes (DONSELMAN, 1982), no entanto, existem poucas informações na literatura sobre a germinação na espécie (PIVETTA et al., 2005a). Como a reentrância do endocarpo dificulta a extração das sementes intactas (Figura 1), os estudos sobre a germinação do jerivá são conduzidos com pirênios, que consistem na semente envolta pelo endocarpo. No entanto, como observado para algumas espécies de palmeiras, tais como *Acrocomia aculeata* (RIBEIRO et al., 2011), *Astrocaryum aculeatum* (FERREIRA; BORGHETTI, 2004) e *Butia capitata* (LOPES et al., 2011; BROCHAT, 1998), a presença do endocarpo pode restringir a germinação das sementes pela limitação à entrada de água e gases (MEEROW, 1991; OROZCO-SEGOVIA et al., 2003); pela resistência mecânica ao alongamento do embrião (NAGAO; SAKAI, 1980) ou pela presença de substâncias inibidoras no endocarpo (KHAN, 1982).

Diversos estudos têm relatado a ocorrência de dormência em sementes de palmeiras (PÉREZ; CRILEY; BASKIN, 2008; YANG; YE; YIN, 2007; RIBEIRO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013; BASKIN; BASKIN, 2014). A dormência consiste em um bloqueio intrínseco à conclusão da germinação e pode ser classificada em morfológica, fisiológica, morfofisiológica, física e

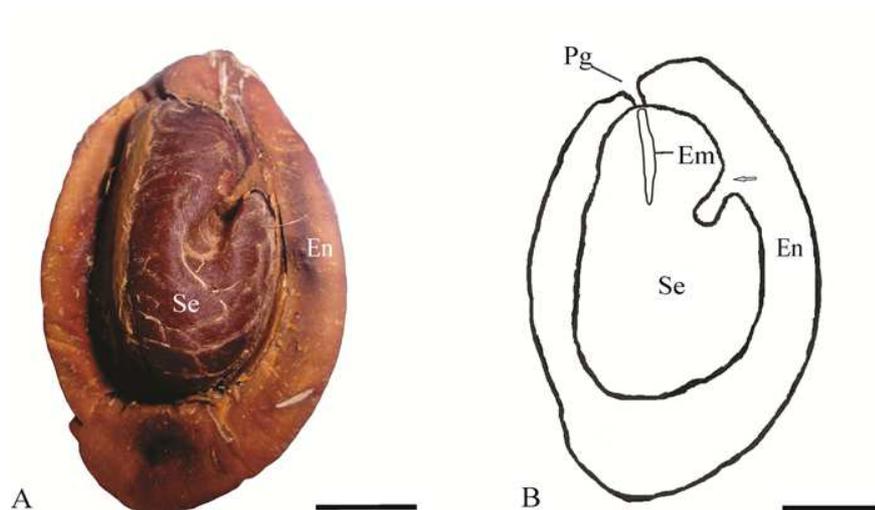
combinação entre dormência física e fisiológica (BASKIN; BASKIN, 2004; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZER, 2006;). Em razão dos baixos percentuais e da baixa velocidade de germinação encontradas em alguns trabalhos com sementes de jerivá, tem sido sugerida a presença de algum tipo de dormência na espécie (GOUDEL et al., 2013; BROCHAT; DONSELMAN, 1987).

A germinação e dormência das sementes, em geral, são reguladas por um equilíbrio entre as quantidades relativas de giberelinas (GAs) e ácido abscísico (ABA) endógenos, em sementes e tecidos sensíveis a esses hormônios, sendo que estudos com mutantes deficientes na produção de um desses hormônios sustentam tal afirmativa (HILLHORST; KARSSSEN, 1992; BEWLEY; BLACK, 1994). O ABA é um regulador negativo da germinação, enquanto as giberelinas promovem a germinação e neutralizam os efeitos do ABA (KUCERA; COHN; LEUBNER-METZGER, 2005; NAMBARA et al., 2010), por esse motivo uma alta razão entre ABA/GA é a principal causa da ocorrência de dormência fisiológica em sementes (BASKIN; BASKIN, 2004; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZER, 2006).

Além da presença da dormência, o grau de maturação dos frutos é um importante fator que influencia a germinação das sementes (MEEROW, 1991; BROCHAT, 1994). Sementes de palmeiras, em geral, apresentam maior potencial germinativo ao final do período de maturação dos frutos (BROCHAT, 1994), no entanto, alguns estudos têm demonstrado que sementes oriundas de frutos verdes de algumas espécies germinam em maiores porcentagens e mais rapidamente do que sementes oriundas de frutos maduros (BROCHAT; DONSELMAN, 1987; MACIEL; BRICEÑO, 2009) ou que não há diferenças em relação à germinação entre os estádios de maturação (BRICEÑO; MACIEL, 2004). Em relação ao jerivá, foi observado que sementes

obtidas de frutos verdes germinam mais que sementes obtidas de frutos intermediários ou maduros (BROSCHAT; DONSELMAN, 1987).

No presente trabalho, pirênios de jerivá foram investigados visando a responder às seguintes perguntas: i) a baixa germinabilidade relatada para a espécie está relacionada com a presença de dormência primária ou com o comportamento das sementes no armazenamento? ii) existe efeito do endocarpo, do estágio de maturação dos frutos e do armazenamento sobre a germinação das sementes?



**Figura 1.** Estrutura do pirênio de jerivá. (A) Semente no interior do endocarpo. (B) Desenho esquemático do pirênio, evidenciando o endocarpo (en), a semente (se), o embrião (em), o poro germinativo (pg) e a reentrância do endocarpo (seta). Barras: 5 mm.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Coleta e beneficiamento das sementes***

Frutos de jerivá foram coletados de quinze indivíduos presentes no município de Lavras – MG. Após a coleta, os frutos foram caracterizados a partir da coloração do mesocarpo, em três estádios de maturação, sendo os frutos verdes, amarelados ou alaranjados, considerados, respectivamente, verdes, intermediários ou maduros. Os frutos foram separados e acondicionados em sacos plásticos fechados e mantidos à sombra e temperatura ambiente por cinco dias, visando ao amolecimento da polpa. Após esse período, os frutos foram despulpados com o auxílio de uma betoneira elétrica e as fibras remanescentes, se presentes, foram removidas manualmente, utilizando-se uma faca. Após o beneficiamento dos frutos, os pirênios foram transportados até o Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal de Lavras, e colocados em sala climatizada a 20°C, com umidade relativa de 75% ( $\pm 10\%$ ), para a secagem das sementes, por duas semanas ou até que fosse observado o equilíbrio higroscópico (aproximadamente 5%), mediante pesagem periódica das sementes.

### ***Caracterização inicial das sementes***

Foram determinados, após o beneficiamento, o conteúdo de água e a viabilidade das sementes dos três estádios de maturação. O conteúdo de água foi calculado também imediatamente após a coleta (antes do beneficiamento). Para a determinação do conteúdo de água, foram utilizadas quatro repetições de cinco sementes para cada estádio de maturação. Os pirênios foram quebrados com o auxílio de um torno manual de bancada para a obtenção das sementes, que então foram secadas em estufa a 105°C por 24 horas (BRASIL, 2009). Para a

determinação da viabilidade foram utilizadas quatro repetições de 10 embriões para cada estágio de maturação. Os embriões foram submetidos ao teste de tetrazólio a 0,5%, conforme metodologia proposta por Ribeiro et al. (2010) para a palmeira macaúba (*Acrocomia aculeata*). Os pirênios dos três estágios de maturação (cem para cada estágio) também foram caracterizados biometricamente em relação ao comprimento e à largura, com o auxílio de um paquímetro digital.

***Efeito do endocarpo e das fibras do poro germinativo sobre a absorção de água pelas sementes***

Foram utilizados somente pirênios obtidos de frutos maduros armazenados por 1 ano em sala climatizada a 20°C, com umidade relativa de 75% ( $\pm 10\%$ ). Inicialmente, vinte pirênios foram quebrados individualmente para mensuração das massas da semente e do endocarpo separadamente. Em seguida, foi calculada a porcentagem, em termos de massa fresca, que a semente representa no diásporo. Para o cálculo de absorção de água, os pirênios foram dispostos em bandejas contendo areia úmida previamente esterilizada e mantidos durante 30 dias em germinador Mangelsdorf a 30°C. Antes da semeadura e após 2, 4, 16 e 24 horas e 2, 4, 8, 16 e 30 dias, uma amostra de 20 pirênios foi retirada do substrato, sendo o excesso de areia removido com papel toalha. Os pirênios, então, foram quebrados e o conteúdo de água do endocarpo e da semente (quatro repetições de cinco endocarpos ou sementes) foi calculado separadamente pelo método da estufa a 105°C por 24 horas (BRASIL, 2009). Para a avaliação do efeito das fibras do poro germinativo na absorção de água, pirênios escarificados nessa região com auxílio de uma faca (remoção das fibras) ou não, foram colocados nas mesmas condições descritas anteriormente, sendo o conteúdo de água das sementes calculado após 0, 5, 15 e 30 dias. Todas as sementes utilizadas tinham conteúdo de água inicial de aproximadamente 5%.

***Efeito da remoção das fibras do poro germinativo sobre a germinação das sementes***

Foram os mesmos pirênios do experimento anterior. Pirênios escarificados na região do poro germinativo (escarificados) ou não (controle) foram semeados em bandejas de plástico, contendo areia esterilizada e colocados em germinador do tipo Mangelsdorf a 30°C sob luz constante. Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada condição. O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado (DIC). A emergência de plântulas normais foi o critério utilizado para a germinação, sendo avaliada semanalmente, durante quatro meses para cálculo do percentual de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG).

***Efeito do estágio de maturação sobre a germinação das sementes***

Os pirênios obtidos de frutos dos três estádios de maturação (verde, intermediário e maduro) recém-colhidos ou armazenados por 2 anos em câmara fria, a 5°C, foram semeados em bandejas de plástico contendo areia esterilizada e colocados em germinador do tipo Mangelsdorf, a 30°C, sob luz constante. O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (estádios de maturação dos frutos) x 2 (sementes recém-colhidas ou armazenadas) com 4 repetições de 25 sementes para cada tratamento. A emergência de plântulas foi o critério utilizado para a germinação, sendo avaliada semanalmente, durante quatro meses para cálculo do percentual de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG).

***Efeito do estágio de maturação no alongamento in vitro dos embriões***

Embriões obtidos de frutos dos três estádios de maturação foram excisados das sementes com o auxílio de um estilete e desinfestados em solução

de 0,5% de hipoclorito de sódio por 10 minutos. Em condições assépticas (câmara de fluxo laminar), os embriões foram inoculados em tubos de ensaio, contendo 2mL do meio: Sais MS; 0,4 mg/L de tiamina; 1mg/L de piridoxina; 0,5 mg/L de ácido nicotínico; 100 mg/L de mio-inositol; 0,5 g/L de caseína hidrolizada; 3g/L carvão ativado; 30 g/L de sacarose; 6 g/L de ágar; pH ajustado para 5,7. Os tubos foram cobertos por folha de papel alumínio, sendo o cultivo realizado em germinador à temperatura de 30°C, na ausência de luz. Após 30 dias de cultivo, foi avaliado o percentual de embriões apresentando alongamento, o que foi considerado como indicativo da viabilidade (RIBEIRO et al., 2012b).

***Avaliação dos níveis endógenos de ABA e giberelinas em estruturas de sementes obtidas de frutos verdes e maduros***

As concentrações de hormônios endógenos: ácido abscísico (ABA), GA<sub>1</sub>, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>9</sub>, GA<sub>19</sub>, GA<sub>20</sub>, GA<sub>24</sub>, foram quantificadas de acordo com Muller e Munné-Bosch (2011). Foi avaliada a concentração de oito compostos em embriões e opérculos de sementes de jerivá obtidas de frutos verdes e maduros armazenados por 2 anos em câmara fria a 5°C. Para cada tratamento, quatro amostras de 50 mg foram colocadas separadamente em nitrogênio líquido e moídas em moedor MM400 (Retsch GmbH, Haan, Alemanha). A extração foi efetuada em soluções de metanol, contendo 1% de ácido acético glacial, usando os seguintes padrões: d<sub>6</sub>-ABA, d<sub>2</sub>-GA<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>-GA<sub>3</sub>, d<sub>2</sub>-GA<sub>4</sub>, d<sub>2</sub>-GA<sub>9</sub>, d<sub>2</sub>-GA<sub>19</sub>, d<sub>2</sub>-GA<sub>20</sub>, d<sub>2</sub>-GA<sub>24</sub>. Após a adição de 170 µL da solução de solvente e 30 µL de uma solução contendo 100 ppm dos padrões, os materiais foram misturados em vórtex por 1s e exposta à ultrassom, durante 30 minutos, seguido por centrifugação a 10.000 rpm durante 10 min. O sobrenadante foi removido e o resíduo foi lavado duas vezes com 100 µL da solução de solvente. O volume final de sobrenadante foi filtrado em papel filtro PTFE 0,22 µm (Waters,

Milford, MA, EUA) e alíquotas de 5 µL foram analisadas em UPLC/ESI-MS/MS (Waters, Milford, MA, EUA), utilizando uma coluna HALO™ C18 (2,1 x 75 mm, 2,7 µm) (Advanced Materials Technology, Inc. Wilmington, EUA) e 0,05% de ácido acético glacial (solvente A) e acetonitrila com 0,05% de ácido acético glacial (solvente B). As quantificações foram realizadas, por meio da preparação de uma curva de calibração, incluindo cada um dos 8 compostos analisados e calculadas a razão composto/padrão, usando o software Analyst™ (AppliedBiosystems, Inc., Califórnia, EUA). Os resultados foram expressos com base no peso seco das amostras.

#### ***Análise dos dados***

Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, e quando constatada a ausência de distribuição normal dos dados ( $p < 0,05$ ), os mesmos foram submetidos à transformação ao arco seno de  $(x/100)-0,5$  (dados percentuais),  $\log_{10}(x)$  (dados de medida) ou outras transformações possíveis, sendo submetidos novamente ao teste de Shapiro-Wilk. Dados normais ou normalizados após a transformação ( $p > 0,05$ ) foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e, se constatada influência das variáveis explicativas sobre as dependentes ( $p < 0,05$ ), foi realizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade (para dados qualitativos) ou análise de regressão (dados quantitativos). As análises foram realizadas, utilizando o software SAS System for Windows V8 (RESEARCH COMPUTING, 1990) e Sisvar, sendo os gráficos confeccionados utilizando o software Sigma Plot®.

### **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Sementes obtidas de frutos verdes, intermediários e maduros apresentaram respectivamente 32,5, 30,8 e 26,4% de conteúdo de água imediatamente após a coleta. Após o beneficiamento, esses valores foram

reduzidos a 23,8, 20,8 e 19,9%. O conteúdo de água das sementes, após duas semanas na sala de secagem, alcançou 4,6, 4,8 e 4,8%, sendo esse o conteúdo de água das sementes na ocasião dos experimentos. Em relação às dimensões dos pirênios, não foram encontradas diferenças significativas entre a largura nos três estádios de maturação. No entanto, o comprimento de pirênios obtidos de frutos verdes foi significativamente superior aos demais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Largura e comprimento dos pirênios e conteúdo de água de sementes de *S. romanzoffiana* obtidas de frutos em diferentes estádios de maturação após o beneficiamento.

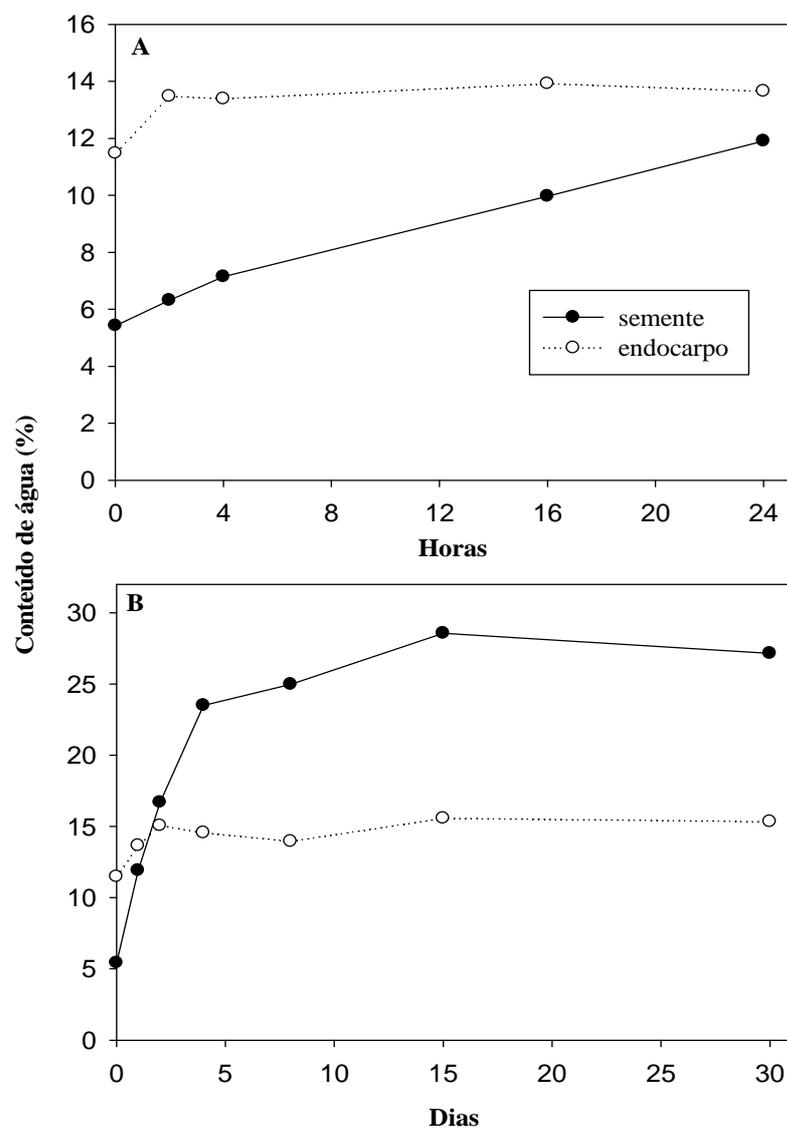
<b>Estádio de maturação</b>	<b>Conteúdo de água (%)</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Largura (mm)</b>
Verde	23,8a	24,9a	14,3a
Intermediário	20,8b	23,8b	14,1a
Maduro	19,9b	23,9b	14,2a

Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas entre os tratamentos, utilizando o teste de Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade.

Em relação à massa fresca, a semente (com aproximadamente 5% de água) representa em média apenas 13% da massa total do diásporo, os 87% restantes são representados pelo endocarpo. Ao longo do processo de embebição, o endocarpo absorve pouca água, com aumento do conteúdo de água (% - base úmida) de 11,5 a 13,5% após 2 horas de embebição e, em seguida, observa-se uma estabilização no conteúdo de água dos endocarpos até os 30 dias. A semente, por outro lado, apresenta uma rápida absorção de água, alcançando um conteúdo de água superior ao dobro do valor inicial em apenas 24 horas de embebição (Figura 2A). O conteúdo de água das sementes aumentou até 15 dias de embebição, alcançando aproximadamente 28,6%, havendo uma

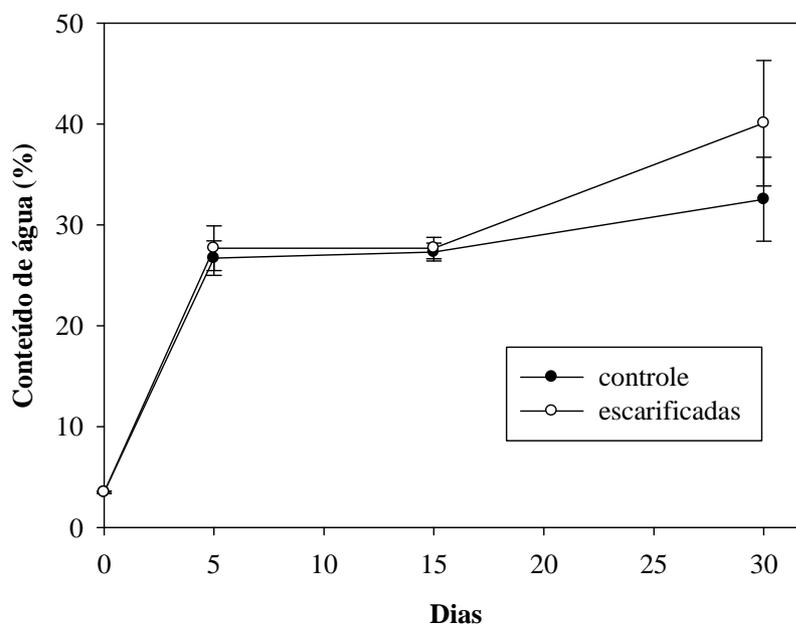
estabilização desse valor até 30 dias (Figura 2B). Nesse experimento não foi observada germinação, durante o período avaliado.

Os resultados evidenciam que o endocarpo do jerivá não impede a absorção de água pelas sementes, já que estas são capazes de duplicar seu conteúdo de água em apenas 24 horas de embebição. Dessa forma, fica descartada a presença de dormência física em pirênios de jerivá, pois as sementes são capazes de embeber mesmo sem a necessidade de aplicação de algum tratamento pré-germinativo (BASKIN; BASKIN, 2004). Segundo Baskin e Baskin (2014), o endocarpo das palmeiras, em geral, é permeável à água, sendo essa afirmativa corroborada por alguns trabalhos que evidenciam que as sementes de palmeiras são capazes de embeber mesmo no interior do endocarpo (PÉREZ; CRILEY; BASKIN, 2008; RIBEIRO et al., 2011; NEVES et al., 2013).



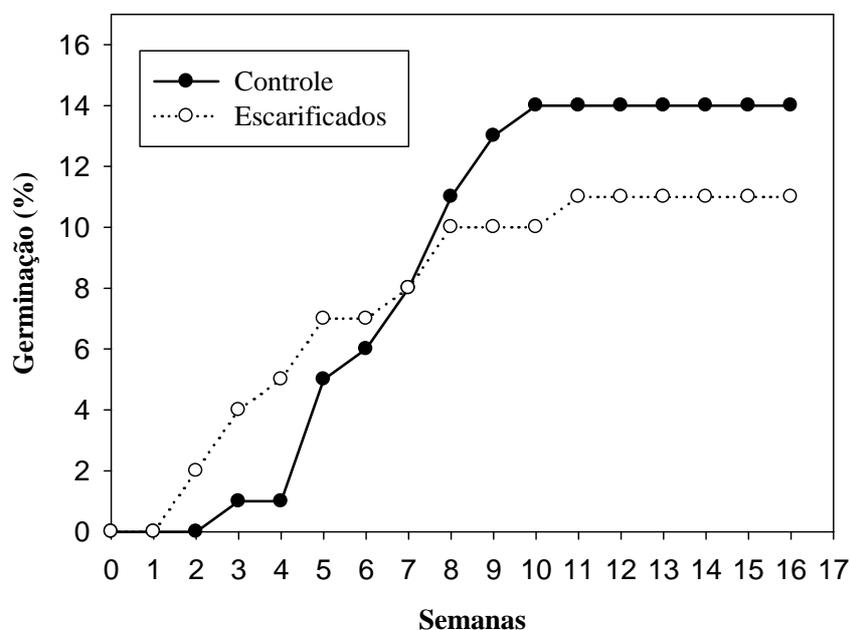
**Figura 2.** Variação no conteúdo de água de endocarpos e sementes isoladas de jerivá após 24 horas (A) e 30 dias de embebição (B).

O endocarpo do jerivá apresenta três poros germinativos, estrutura na qual o embrião emerge após a germinação da semente (Figura 1). Pela presença de um endocarpo pétreo no jerivá, como em outras espécies de palmeiras, o poro germinativo tem sido sugerido como a principal via de entrada de água para o interior da semente. No jerivá e em outras espécies de palmeiras, mesmo após o beneficiamento (remoção da polpa) dos frutos, o poro germinativo pode estar obstruído pelas chamadas fibras do poro germinativo, as quais são remanescentes do mesocarpo (RIBEIRO et al., 2011; BASKIN; BASKIN, 2014). Foi observado que a remoção das fibras do poro germinativo não proporcionou incremento na absorção de água pelas sementes, não havendo diferenças entre as sementes escarificadas e o controle (Figura 3). Quando a embebição ocorre por imersão direta em água, no entanto, o conteúdo de água de sementes de pirênios escarificados é significativamente superior ao controle após 24 horas (21,4 e 12,2% respectivamente). Assim, parece que a remoção das fibras do poro germinativo acelera a taxa de absorção de água nas primeiras horas de embebição, enquanto os pirênios nos quais as fibras estão presentes absorvem água mais lentamente.



**Figura 3.** Variação no conteúdo de água de sementes de jerivá no interior de pirênios intactos (controle) ou escarificados na região do poro germinativo. A seta indica o ponto no qual a primeira germinação foi observada. As barras representam o desvio padrão.

Não foram observadas diferenças significativas no percentual de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) entre pirênios escarificados e o tratamento controle (Figura 4). Dessa forma, pode-se afirmar que, além de não representarem uma barreira à absorção de água pelas sementes, as fibras do poro não conferem resistência mecânica ao alongamento do embrião. Em trabalho realizado por Goudel et al. (2013), com pirênios de jerivá, a escarificação do poro germinativo, isoladamente, proporcionou percentuais de germinação inferiores ao controle, não se constituindo com um tratamento pré-germinativo eficaz para a espécie, tal como observado no presente estudo.



**Figura 4.** Emergência de plântulas de jerivá, a partir de pirênios intactos (controle) ou escarificados na região do poro germinativo.

Pirênios de frutos recém-colhidos apresentaram maior porcentagem de germinação e IVG, do que pirênios armazenados, independente do estágio de maturação dos frutos (Tabela 2). Para pirênios recém-colhidos, a germinação se iniciou na terceira semana e se estabilizou por volta de dez semanas após a semeadura. A germinação de pirênios armazenados só foi observada na sexta semana, com pouca variação até a última avaliação (Figura 5). Comparando-se apenas pirênios recém-colhidos, não foram observadas diferenças entre pirênios obtidos de frutos intermediários e maduros (90 e 81% de germinação), no entanto, foram superiores ao %G de pirênios obtidos de frutos verdes (71%). Esse resultado contrasta com o observado por Broschat e Donselman (1987), no qual foi observado que sementes obtidas de frutos verdes de jerivá germinaram

em maiores porcentagens do que sementes obtidas de frutos intermediários ou maduros. Esses autores atribuíram tal fato à presença de inibidores nos frutos maduros, embora não tenham sido realizadas avaliações específicas a esse respeito. Alguns pesquisadores consideram a inibição da germinação por compostos presentes nas estruturas dos frutos como dormência química, no entanto Baskin e Baskin (2004) argumentam que a ação desses inibidores representa apenas um estado de repouso (quiescência), não caracterizando uma dormência inata. Em outras espécies do gênero, tais como *Syagrus oleracea* (CARRIJO; REIS; COSTA NETTO, 2013) e *S. schizophylla* (PIVETTA et al., 2005b) também foi observado que sementes obtidas de frutos maduros apresentam maior germinabilidade do que sementes obtidas de frutos verdes.

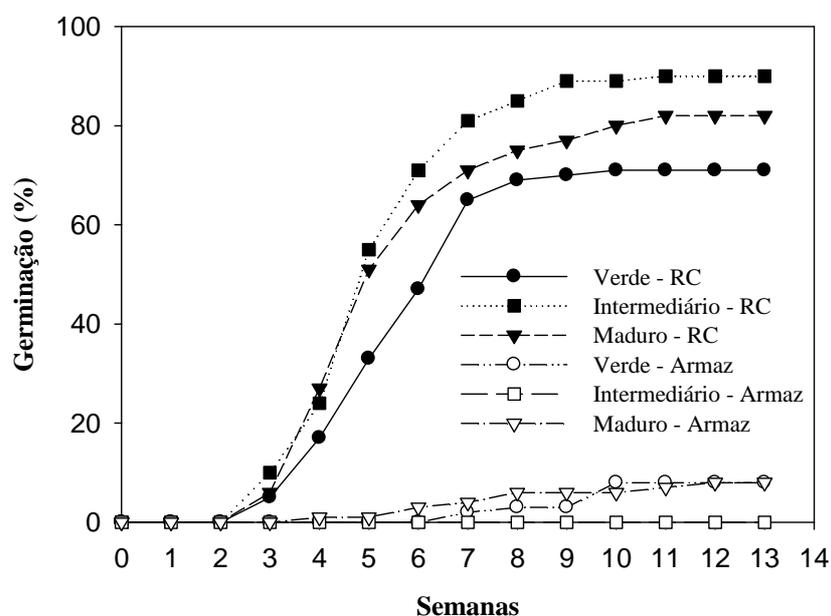
**Tabela 2.** Porcentagem de germinação (%G) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de jerivá obtidas de frutos em diferentes estádios de maturação (verde, intermediário e maduro), recém-colhidos (RC) ou armazenados por dois anos em câmara fria a 5°C (Armaz.).

Estádio de maturação	%G		IVG	
	RC	Armaz.	RC	Armaz.
Verde	71bA	8aB	3.4bA	0.9aB
Intermediário	90aA	0aB	4.5aA	0aB
Maduro	82aA	6aB	4.1aA	1.3aB

Separadamente para %G e IVG, letras minúsculas iguais em cada coluna e letras maiúsculas iguais entre as linhas indicam ausência de diferenças significativas pelo teste de Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade.

As diferenças no percentual de germinação observadas para os diferentes estádios de maturação, em comparação ao trabalho de Broschat e

Donselman (1987), podem estar associadas ao tempo no qual os pirênios ficaram armazenados após a coleta. Ficou claramente demonstrado que o armazenamento ocasiona diminuição no percentual de germinação das sementes. No próprio trabalho de Broschat e Donselman (1987), foi evidenciado que sementes de jervá não apresentam germinação após dez meses armazenadas a 23°C, sendo que, no presente estudo, pirênios armazenados por 2 anos a 5°C também apresentaram germinação próxima de zero (inferiores a 8%). Dessa forma, recomenda-se para o jervá, a fim de se obter o máximo de germinação, a coleta de frutos no estágio intermediário ou maduro e a semeadura imediatamente após a secagem. No presente estudo, as sementes ainda foram secas até um conteúdo de água aproximado de 5%, evidenciando que sementes de jervá são tolerantes à dessecação. A tolerância à dessecação para essa espécie já havia sido reportada por Goudel et al. (2013), que observaram que a redução do conteúdo de água das sementes não provoca redução nos percentuais de germinação. Outras espécies do gênero, tais como *Syagrus flexuosa*, *S. botryophora* e *S. yungasensis* também apresentam tolerância à dessecação (PRITCHARD et al., 2004).



**Figura 5.** Germinação de sementes de jervá a partir de pirênios obtidos de frutos em diferentes estádios de maturação (verde, intermediário ou maduro), recém-colhidos (RC) ou armazenados por dois anos em câmara fria a 5°C (Armaz).

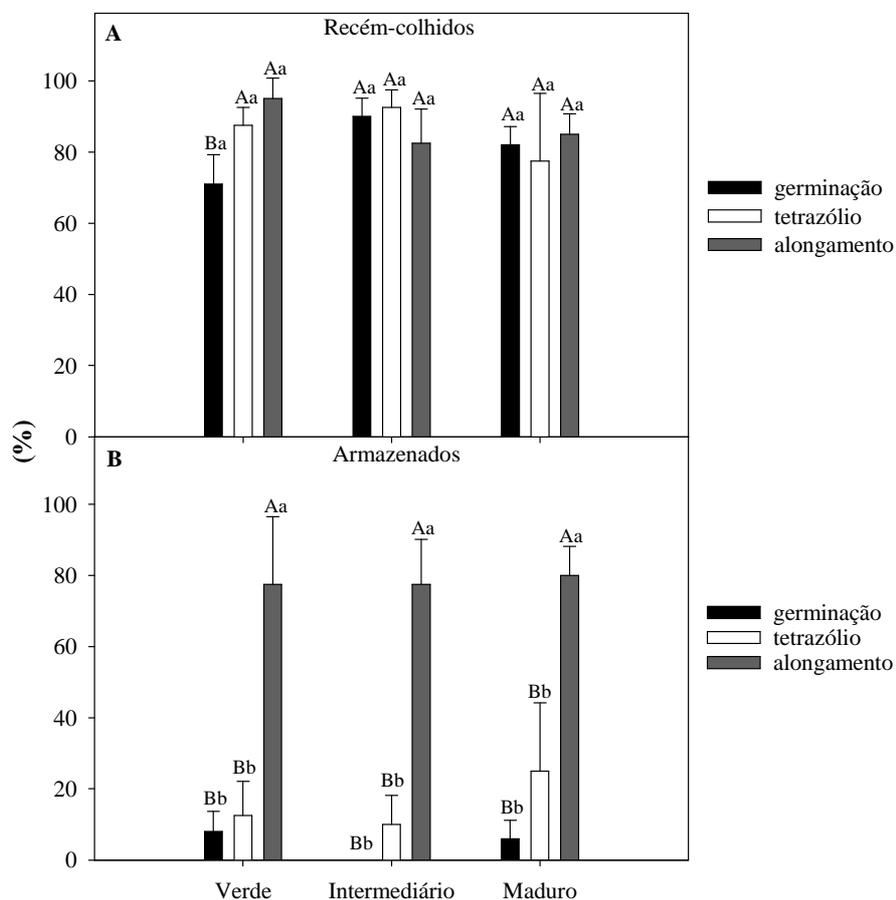
A partir dos resultados obtidos nesse experimento, duas hipóteses podem ser consideradas: i) a viabilidade das sementes diminui no armazenamento ou ii) sementes armazenadas adquirem dormência secundária. No entanto, os resultados obtidos, por meio do cultivo *in vitro* dos embriões, permitem refutar a primeira hipótese. Foram observados altos percentuais de embriões alongados (superiores a 77,5%), independente do estágio de maturação dos frutos e do armazenamento, não sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Como o alongamento dos embriões cultivados *in vitro* é um bom indicativo de viabilidade, ficou comprovado que sementes armazenadas são capazes de manter sua viabilidade, no entanto, apesar de apresentarem

percentuais de alongamento significativamente semelhantes, a germinação de pirênios armazenados ou recém-colhidos difere drasticamente, reforçando a ideia de aquisição de dormência secundária.

Os mecanismos de dormência secundária diferem da dormência primária em alguns aspectos, assim, a superação da dormência primária (quando presente) é fisiologicamente diferente da superação da dormência secundária (DERKX; KARSSSEN, 1993; HONEK; MARTINKOVA; JAROSIK, 1999), ou seja, tratamentos eficazes na superação da dormência primária podem não ser eficazes para a superação da dormência secundária. A dormência secundária é sempre do tipo fisiológica não profunda (BASKIN; BASKIN, 2004). Embora existam poucos estudos sobre os mecanismos de dormência secundária, Karssen (1980) considera que a temperatura, ausência de luz ou oxigênio, presença de inibidores voláteis ou alelopáticos e condições de umidade estão entre os fatores que podem contribuir para a inibição da germinação e, portanto, para o desenvolvimento desse tipo de dormência.

Outra abordagem a ser considerada é a alta susceptibilidade à deterioração encontrada em sementes de jerivá. Após os testes de germinação, que duraram em média três meses, as sementes remanescentes apresentavam-se inviáveis pelo teste de tetrazólio ou visivelmente deterioradas. A alta susceptibilidade à deterioração provavelmente é decorrente do elevado teor de lipídios em sementes de jerivá (COIMBRA; JORGE, 2011). Embora sementes armazenadas apresentassem alta viabilidade, algumas modificações, tais como a peroxidação de lipídios podem ter ocorrido durante o armazenamento, fazendo com que a taxa de deterioração aumentasse e, conseqüentemente, o percentual de germinação decrescesse. Estudos posteriores devem ser realizados visando a elucidar se a redução na germinação de sementes de jerivá durante o armazenamento é devido à aquisição de dormência secundária ou aumento da susceptibilidade à deterioração.

Os resultados do teste de tetrazólio e do cultivo *in vitro* dos embriões, o qual também constitui um método para a determinação da viabilidade (BHOJWANI; RAZDAN, 1996) somente não divergiram nas sementes de frutos recém-colhidos. Em relação às sementes armazenadas foram observadas grandes diferenças. Enquanto o teste de tetrazólio apontava que a maioria das sementes estava inviável, o cultivo *in vitro* demonstrou o contrário (Figura 6). De uma maneira geral, os resultados do teste de tetrazólio acompanharam os percentuais de germinação em sementes armazenadas e recém-colhidas, já, os resultados do cultivo *in vitro* acompanharam os resultados de germinação somente em sementes de frutos recém-colhidos. Assim, parece que depois que as sementes entram no estado de dormência secundária durante o armazenamento, o teste de tetrazólio, na metodologia utilizada, é ineficaz para mensurar a viabilidade, podendo levar a interpretações errôneas. Dessa forma, o cultivo *in vitro* é recomendado como uma técnica mais efetiva para avaliar a viabilidade de sementes de jervá, assim como em macaúba (RIBEIRO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012a). Divergências entre os resultados do teste de tetrazólio e do cultivo *in vitro* já foram relatadas para o babaçu (RUBIO NETO et al., 2012), porém, assim como no presente trabalho, foi utilizada a metodologia do teste de tetrazólio desenvolvida para a macaúba (RIBEIRO et al., 2010), reforçando a necessidade de adequação desse teste para ambas as espécies.



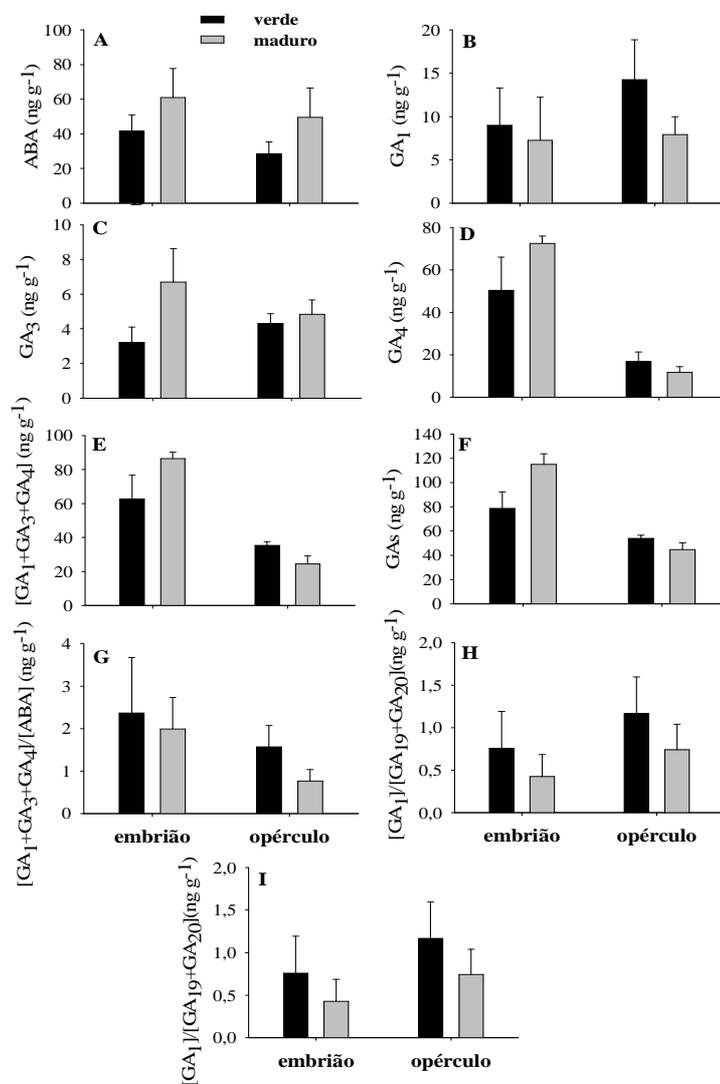
**Figura 6.** Percentuais de germinação de sementes, embriões viáveis pelo teste de tetrazólio e alongamento *in vitro* dos embriões de sementes obtidas de frutos recém-colhidos (A) e armazenados por dois anos em câmara fria a 5°C (B) em diferentes estádios de maturação. Letras minúsculas iguais indicam ausência de diferenças significativas entre os percentuais de germinação, tetrazólio e alongamento de embriões entre sementes armazenadas e recém-colhidas. Letras maiúsculas iguais indicam ausência de diferenças significativas entre os percentuais de germinação, tetrazólio e alongamento de embriões dentro de cada condição pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As barras verticais representam o desvio padrão.

Os embriões cultivados *in vitro* iniciaram o alongamento rapidamente e em altas porcentagens, mesmo os obtidos de sementes recém-colhidas, tal fato demonstra ausência de dormência morfológica na espécie, a rápida germinação a partir dos pirênios também comprova a inexistência desse tipo de dormência. A dormência morfológica ocorre devido à imaturidade do embrião, ou seja, no momento da dispersão das sementes, o embrião ainda é indiferenciado ou não está completamente desenvolvido e, por essa razão, não está apto a germinar (BASKIN; BASKIN, 2004; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZER, 2006). Segundo Baskin e Baskin (2014), as sementes de palmeiras apresentam dormência morfológica ou morfofisiológica, no entanto, diversos trabalhos com sementes de várias espécies de palmeiras têm demonstrado que a dormência presente é do tipo fisiológica não profunda (RIBEIRO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013; DIAS et al., 2013; SANJEEWANI et al., 2013, NEVES et al., 2013).

A dormência fisiológica, em geral, é regulada principalmente pelos níveis endógenos ou à sensibilidade dos tecidos ao ABA e giberelinas, porém outras classes de hormônios tais como auxinas e brassinosteróides podem estar envolvidas (KUCERA; COHN; LEUBNER-METZGER, 2005; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZER, 2006). Nesse sentido, sementes com uma alta relação GAs/ABA são normalmente não dormentes e sementes com uma baixa relação são fisiologicamente dormentes. Foi observada, para sementes de jerivá, uma alta relação GAs/ABA tanto no embrião quanto no opérculo (Figura 7). Em sementes de dendê (*Elaeis guineenses*), os níveis endógenos de ABA são muito elevados, enquanto os níveis de giberelinas são baixos, fazendo com que as sementes apresentem dormência fisiológica (JIMÉNEZ et al., 2008). Ainda de acordo com esse trabalho, os níveis de ABA inicial em sementes de dendê são de 1600 ngg<sup>-1</sup>, enquanto que, para o jerivá não ultrapassam 100 ngg<sup>-1</sup>. Em

relação às giberelinas totais, no dendê, estas não ultrapassaram  $0.35 \text{ ngg}^{-1}$ , enquanto que em embriões de frutos maduros de jerivá o valor médio foi de  $115 \text{ ngg}^{-1}$ . As sementes analisadas estiveram armazenadas por dois anos em câmara fria. Essas mesmas sementes apresentaram baixa porcentagem de germinação, onde foi levantada a hipótese de aquisição de dormência secundária. Assim, uma vez que a dormência secundária é sempre do tipo fisiológica (BASKIN; BASKIN, 2004) e o balanço hormonal das sementes de jerivá é favorável à germinação, possivelmente a dormência secundária (se presente) é devido à baixa sensibilidade dos tecidos da semente às giberelinas.

Não foram observadas diferenças significativas entre os níveis hormonais de sementes obtidas de frutos verdes e maduros, ou seja, os níveis de ABA e a relação GAs/ABA nas sementes são mantidos durante a maturação. Normalmente, a acumulação de ABA em sementes em desenvolvimento é baixa, durante as fases iniciais, maior durante meados de desenvolvimento com diminuição quando a semente sofre secagem de maturação (BEWLEY; BLACK, 1994). A manutenção dos valores sugere uma maturação diferencial entre sementes e frutos de jerivá, ou seja, que frutos verdes podem conter sementes, já no estágio final de maturação.



**Figura 7.** Níveis endógenos de ABA (A); GA<sub>1</sub> (B); GA<sub>3</sub> (C); GA<sub>4</sub> (D); giberelinas ativas (E); giberelinas totais (F); razão entre giberelinas ativas e ABA (G); razão entre GA<sub>1</sub> e seus percussores (H) e razão entre GA<sub>4</sub> e seus percussores (I) em embriões e opérculos de sementes obtidas de frutos verdes ou maduros armazenados em câmara fria (5°C) por dois anos. Resultados expressos com base no peso seco das amostras. As barras representam o erro padrão da média.

Dentre todas as giberelinas avaliadas, observou-se uma predominância de GA<sub>4</sub> em relação às outras giberelinas ativas (GA<sub>1</sub> e GA<sub>3</sub>). A grande taxa GA<sub>4</sub>/precursoras (GA<sub>9</sub> e GA<sub>24</sub>) sugere um acúmulo de GA<sub>4</sub> na semente. Por essas razões, o GA<sub>4</sub> possivelmente apresenta um papel crucial na germinação de sementes de jerivá.

Sementes de jerivá apresentam altos níveis endógenos de giberelinas, talvez por essa razão a aplicação de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) não proporciona incremento na germinação da espécie (BROSCHAT; DONSELMAN, 1987). A ineficiência da aplicação de GA<sub>3</sub>, os altos percentuais de germinação obtidos de sementes recém-colhidas, a ausência de um balanço hormonal desfavorável à germinação e o fato de que as sementes remanescentes do teste de germinação são inviáveis demonstra que sementes de jerivá, são dispersas não dormentes. Essa ideia é corroborada por Brancalion, Novembre e Rodrigues (2011). Os baixos percentuais de germinação alcançados em alguns trabalhos com a espécie podem ser atribuídos à utilização de sementes armazenadas, as quais apresentam acentuada diminuição na germinação e/ou devido à alta susceptibilidade de deterioração das sementes. No entanto, os efeitos dos inibidores da germinação e uma provável dormência química, não podem ser descartados.

Dessa forma, conclui-se que sementes de jerivá são dispersas em um estado não dormente e que o armazenamento provoca um decréscimo nos percentuais de germinação, devido à dormência secundária e/ou aumento da susceptibilidade à deterioração. Recomenda-se a utilização de sementes recém-colhidas para melhor aproveitamento do potencial germinativo da espécie.

## REFERÊNCIAS

- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 14, n. 1, p. 1–16, Mar. 2004.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. What kind of seed dormancy might palms have? **Seed Science Research**, Cambridge, v. 24, n. 1, p. 17-22, Mar. 2014.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994.
- BHOJWANI, S. S.; RAZDAN, M. K. **Plant tissue culture: theory and practice**. Amsterdam: Elsevier, 1996.
- BRANCALION, P. H. S. A.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 39, n. 2, p. 412-424, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa, 2009.
- BRICEÑO, A.; MACIEL, N. Efecto de la madurez de los frutos, escarificación de la semilla y temperatura em la emergencia de la palmera *Coccothrinax barbadensis* (Lodd. ex Mart.) Becc. **Bioagro**, Barquisimeto, v. 16, n. 2, p. 127-132, Aug. 2004.
- BROSCHAT, T. K. Endocarp removal enhances *Butia capitata* (Mart.) Becc. (pindo palm) seed germination. **Horttechnology**, Alexandria, v. 8, n. 4, p. 586-587, Dec. 1998.
- BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 360, p. 141-147, 1994.
- BROSCHAT, T. K.; DONSELMAN, H. Effects of fruit maturity, storage, presoaking, and seed cleaning on germination in three species of palms. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 5, n. 1, p. 6-9, Mar. 1987.

CARRIJO, N. S.; REIS, E. F.; COSTA NETTO, A. P. Germinação de frutos verdes e maduros de *Syagrus oleracea* Becc. em função do tamanho. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 6, n. 1, p. 118-126, jan./abr. 2013.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jervá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, Philadelphia, v. 44, n. 7, p. 2139–2142, Aug. 2011.

DERKX, M. P. M.; KARSSSEN, C. M. Changing sensitivity to light and nitrate but not to gibberellins regulates seasonal dormancy patterns in *Sisymbrium officinale* seeds. **Plant, Cell & Environment**, Malden, v. 16, n. 5, p. 469-479, June 1993.

DIAS, D. S. et al. Effects of seed structures, sucrose and gibberellic acid on the germination of *Butia capitata* (Arecaceae). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 41, n. 3, p. 371-382, Dec. 2013.

DONSELMAN, H. Palm seed germination studies. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v. 95, p. 256-257, 1982.

FALASCA, S. L.; MIRANDA DEL FRESNO, C.; ULBERICH, C. Possibilities for growing queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) in Argentina as a biodiesel producer under semi-arid climate conditions. **International Journal of Hydrogen Energy**, Philadelphia, v.37, n. 19, p. 14843–14848, Oct. 2012.

FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004.

FINNCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, Lancaster, v.171, p. 501-523, Apr. 2006.

GOUDEL, F. et al. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v. 27, n. 1, p. 147-154, 2013.

HILHORST, H. W. M.; KARSSSEN, C. M. Seed dormancy and germination: the role of abscisic acid and gibberellins and the importance of hormone mutants. **Plant Growth Regulation**, Secaucus, v. 11, n. 3, p. 225–238, Aug. 1992.

HONEK, A.; MARTINKOVA, Z.; JAROSIK, V. Annual cycles of germinability and differences between primary and secondary dormancy in buried seeds of *Echinochloa crus-galli*. **Weed Research**, Malden, v. 39, n. 1, p. 69-79, Feb. 1999.

JIMÉNEZ, V. M. et al. Changes in hormone concentrations during dormancy release of oil palm (*Elaeis guineensis*) seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 36, n. 3, p. 575-587, Oct. 2008.

KARSSSEN, C. M. Environmental conditions and endogenous mechanisms involved in secondary dormancy of seeds. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 29, n.1-4, p. 45-64, 1980.

KHAN, M. I. Allelopathic potential of dry fruits of *Washingtonia filifera*: inhibition of seed germination. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 54, n. 3, p. 323-328, Mar. 1982.

KUCERA, B.; COHN, M. A.; LEUBNER-METZGER, G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 15, n. 4, p. 281-307, Dec. 2005.

LOPES, P. S. N. et al. Tratamentos físicos e químicos para superação de dormência em sementes de *Butia capitata* (Martius) Beccari. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 120-125, jan./mar. 2011.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1996.

MACIEL, N.; BRICEÑO, A. Efecto de la madurez de frutos, escarificación de la semilla y temperatura en la emergencia de *Syagrus stenopetala* Burret. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracaibo, v. 26, n. 2, p. 196-211, 2009.

MEEROW, A. W. **Palm seed germination**. Florida: Cooperative Extension Service, 1991. (Bulletin, 274).

MÜLLER, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Rapid and sensitive hormonal profiling of complex plant samples by liquid chromatography coupled to electrospray ionization tandem mass spectrometry. **Plant Methods**, London, v. 7, n. 37, p. 1-11, Nov. 2011.

NAGAO, M. A.; KANEGAWA, K.; SAKAI, W. S. Accelerating palm seed germination with gibberellic acid, scarification, and bottom heat. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 2, p. 200-201, 1980.

NAMBARA, E. et al. Abscisic acid and the control of seed dormancy and germination. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 20, n. 2, p. 55-67, June 2010.

NEVES, S. C. et al. Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm *Attalea vitrivir*. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, Jena, v. 208, n. 1, p. 68-78, Jan. 2013.

OLIVEIRA, T. G. S. et al. Use of phytohormones in overcoming macaw palm seed dormancy. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 4, p. 505-511, out./dez. 2013.

OROZCO-SEGOVIA, A. et al. Seed biology of palms: a review. **Palms**, Austin, v. 47, n. 2, p. 79-94, 2003.

PÉREZ, H. E.; CRILEY, R. A.; BASKIN, C. C. Promoting germination in dormant seeds of *Pritchardia remota* (Kuntze) Beck., an endangered palm endemic to Hawaii. **Natural Areas Journal**, Bend, v. 28, n. 3, p. 251-260, 2008.

PIVETTA, K. F. L. et al. Effect of temperature on seed germination of queen palm *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae). **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 683, p. 379-381, 2005a.

PIVETTA, K. F. L. et al. Effects of maturation and scarification on seed germination of *Syagrus schizophylla* (Mart.) Glass. (Arecaceae). **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 683, p. 375-378, 2005b.

PRITCHARD, H. W. et al. 100-seed test for desiccation tolerance and germination: a case study on eight tropical palm species. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, n. 2, p. 393-403, July 2004.

RESEARCH COMPUTING. SAS Institute. **Softwares**. Cary: SAS Institute, 1990.

RIBEIRO, L. M. et al. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, abr. 2010.

RIBEIRO, L. M. et al. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 39, n. 2, p. 303-317, July 2011.

RIBEIRO, L. M. et al. The behaviour of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) seeds during storage. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 40, n. 3, p. 344-353, Oct. 2012.

RIBEIRO, L. M.; OLIVEIRA, D. M. T.; GARCIA, Q. S. Structural evaluations of zygotic embryos and seedlings of the macaw palm (*Acrocomia aculeata*, Areaceae) during *in vitro* germination. **Trees**, Berlin, v. 26, n. 3, p. 851-863, June 2012.

RUBIO NETO, A. et al. *In vitro* germination and growth of babassu (*Orbygnia phalerata* Mart.) embryos subjected to different drying temperatures. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 46, p. 10605-10610, June 2012.

SANJEEWANI, B. L. G. et al. Storage and germination treatments for seeds of an ornamentally important palm, *Livistona rotundifolia* (Lam.) Mart. **Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka**, Colombo, v. 41, n. 4, p. 273-277, 2013.

YANG, Q. H.; YE, W. H.; YIN, X. J. Dormancy and germination of *Areca triandra* seeds. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 113, n. 1, p. 107-111, June 2007.