

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Formação e viabilidade das sementes da palmeira real australiana

Sibelle Santanna da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2017**

Sibelle Santanna da Silva
Engenheira Agrônoma

Formação e viabilidade das sementes da palmeira real australiana

versão revisada de acordo com a resolução CoPgr 6018 de 2011

Orientador:

Prof^a Dr^a **ANA DIONISIA DA LUZ COELHO NOVEMBRE**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Silva, Sibelle Santanna da

Formação e viabilidade das sementes da palmeira real australiana/ Sibelle Santanna da Siva - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011, - - Piracicaba, 2017.

63 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Palmeira real australiana 2. *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendt & Drude) 3. Viabilidade 4. Recalcitrante L. . I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico

Aos meus pais, Evaldo Neves da Silva e Euniséia Santanna da Silva, pelo incentivo, compreensão, carinho e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela minha existência, e por todos os momentos bons e felizes que tive em minha vida, pois sem Ele nada teria acontecido!!!

Aos meus pais, Evaldo Neves da Silva e Euniséia Santana da Silva, minha irmã Grazielle Santana da Silva e Silva e sobrinho João Gabriel da Silva e Silva pelo amor, carinho, dedicação, incentivo e pela alegria em tê-los em minha vida.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre pela paciência, exigência e, principalmente, pela valiosa orientação para a realização deste trabalho.

À Universidade de São Paulo – USP, “Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de realizar o doutorado e aos professores desta instituição pela contribuição à minha formação profissional.

Ao Professor Dr. Pablo Jourdan da The Ohio State University pelo suporte e orientação durante o período em que estive nos Estados Unidos.

Ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de doutorado dentro do país, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado concedida no período fora do país.

Aos funcionários Eliezer G. Viana, Amarildo Natalício da Silva (Lambari), Pedro Luiz de Oliveira e Ornelino Ferreira Matos (Nelo) que foram imprescindíveis para a coleta do material estudado.

Aos funcionários e amigos do laboratório de Sementes, Adilson Teixeira, João Elias Jabur Filho e Hodair Luiz Banzatto Junior. Agradecimento Especial à Técnica do laboratório Helena Pescarin Chamma, pela amizade, carinho, compreensão e por sempre estar disposta a ajudar!!

À Dra. Salete Graziola e ao Prof. Dr, Ricardo Antunes pelo suporte na realização das análises de natureza bioquímica.

Ao meu grande amigo Vitor Cezar Pacheco da Silva por todos os momentos de felicidade, alegrias, descontração e ombro amigo. Apesar da distância sempre foi presente em minha vida.

A Vila da Pós-Graduação da Esalq, e aos amigos Ali MK, Arthur Prudêncio, Bruno Tschoeke, Daniela Oliveira, Jhinmy Bartra, José Leôncio, Melina Cruzado, Nardélio dos Santos, Ricardo Ortega, Rony Sampaio, Valdinei Moreira e Veronica Rondinel.

Ao Jefferson Vieira pelo carinho e amizade e também pela ajuda na formatação da tese!

Aos amigos do laboratório de Análise e Tecnologia de Sementes da Esalq, Adriana Belomo, Ana Dognini, Carina Oliveira, Cesia Flores, Cibele Zacaroni, Crislaine Pinto, Denis Santiago, Francisco Gomes, Haynna Abud, Henrique Brand, Iuri Dario, Larissa Chamma, Lucas Capelaro, Luiz Felipe Torrezan, Marcella Nunes, Marcio das Neves, Marcos Altomani, Nayara Roberto, Plinio Duarte, Rayssa Fernanda, Roberta Ferreira, Simone Silva e Vitor Forti pela convivência nos últimos anos, a amizade e as discussões enriquecedoras dos mais diferentes assuntos.

Agradecimento especial aos sementeiros Clissia Barboza, Danielle Castan, Francisco Ortolan, Maicon Javorski e Natália Arruda pela amizade, força, colaboração e pelas infinitas conversas. Mais que colegas de trabalho, são amigos que continuarão presentes em minha vida.

Aos amigos de Columbus – Ohio, Aline Gabbardo, Audrey Konda, Camila Freria, Daiana Wischral, Danielle Izilda, Dave Rodenbeck, Diego Pereira, Dylan Sedmak, Eduane Pádua, Eric Renze, Gabriel Castanheira, Gabriela Fiais, Gisele Silva, Julie Wallace, Karina Barroso, Marcelo Pereira, Marina Castanheira, Michele Reese, Sally Sulc, Mark Sulc, Rhonda Wallace Bush e especialmente a Justin Drummondii.

BIOGRAFIA

SIBELLE SANTANNA DA SILVA – nascida em 07 de fevereiro de 1986 na cidade de Curitiba no estado do Paraná, filha de Evaldo Neves da Silva e Euniséia Santanna da Silva, cursou o ensino médio no Colégio Estadual do Paraná, e em 2004 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal do Paraná, obtendo o grau de Engenheiro Agrônomo em março de 2009. Em agosto de 2010 ingressou no programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Federal do Paraná, área de concentração em Produção Vegetal, nível mestrado, trabalhando com análise e tecnologia de sementes, e obteve o título em agosto de 2012. Em março de 2013 ingressou no programa de Pós-Graduação em Fitotecnia na Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. No período de maio de 2015 a janeiro de 2016 desenvolveu atividades na The Ohio State University, nos Estados Unidos, com sementes de *Phlox*. Em outubro de 2016 submeteu a tese para obtenção do título de Doutora em Ciências.

EPÍGRAFE

“Você não sabe o quanto eu caminhei pra chegar até aqui ...”

(Cidade Negra)

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. ADEQUAÇÃO DO TESTE DE TETRAZÓLIO PARA ESTIMAR A VIABILIDADE DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA.....	17
RESUMO	17
ABSTRACT.....	17
2.1. INTRODUÇÃO	18
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
2.4. CONCLUSÕES.....	28
3. FORMAÇÃO E PARÂMETRO FISIOLÓGICO DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA.....	31
RESUMO	31
ABSTRACT.....	31
3.1. INTRODUÇÃO	32
3.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.4. CONCLUSÕES.....	47
4. PARÂMETRO FISIOLÓGICO DURANTE O ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA.....	51
RESUMO	51
ABSTRACT.....	51
4.1. INTRODUÇÃO	52
4.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	53
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.4. CONCLUSÕES.....	60
5. CONCLUSÃO	63

RESUMO

Formação e viabilidade das sementes da palmeira real australiana

A palmeira real australiana (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude) é uma espécie nativa das florestas tropicais da Austrália que se adaptou ao cultivo no Brasil e é utilizada para o paisagismo e também para a extração do palmito. A determinação da maturidade fisiológica das sementes e da época ideal para a colheita é essencial para preservar a qualidade das sementes e para a formação das mudas. No entanto, existe restrição de métodos disponíveis para avaliar a qualidade das sementes da palmeira real australiana e, além disso, para o teste de germinação são necessários, pelo menos, 70 dias para obter os resultados. Dessa forma, o teste de tetrazólio é uma alternativa para estimar a viabilidade das sementes, em função da rapidez de obtenção dos resultados. Assim, um dos objetivos dessa pesquisa foi estudar o preparo das sementes da palmeira real australiana para o teste de tetrazólio; para tanto, foram avaliadas sementes de diferentes plantas matrizes quanto à hidratação das sementes e à coloração dos tecidos, utilizando as soluções 0,075%, 0,1% e 0,2% de tetrazólio, durante 60, 120, 240 e 360 minutos no escuro, a 40°C. O estudo relacionado à formação das sementes incluiu avaliações dos frutos e das sementes. Assim, os frutos foram avaliados quanto à cor, utilizando a colorimetria digital e a carta de Munsell para tecidos vegetais, e às características morfométricas, tais como o diâmetro, o comprimento e a massa. Para a determinação do parâmetro fisiológico das sementes foram avaliados a germinação (total, o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação), a viabilidade (teste de tetrazólio) e o teor de água das sementes. Além disso, foi determinada também a composição química das sementes nos diferentes estádios de maturação em função da peroxidação de lipídeos e do peróxido de hidrogênio. Para complementar o estudo da formação das sementes foi avaliada também a desidratação das mesmas, no ponto de maturidade fisiológica, para determinar se são recalitrantes, ou seja, avaliar qual é o limite da redução de água dos tecidos que interfere negativamente na viabilidade. Essas sementes, com diferentes teores de água, foram também radiografadas para verificação dos tecidos internos das sementes. A avaliação da formação das sementes foi complementada com o estudo do armazenamento; para isso, as sementes em dois estádios de maturação (76 e 85 dias após a antese) foram colocadas em sacos de polietileno, com 0,20mm de espessura, e, em seguida, mantidas em ambiente não controlado e em ambiente controlado, com temperatura de 10°C e umidade relativa do ar de 80%, por 5 meses; a cada 30 dias foram retiradas amostras para as seguintes análises: teor de água, teste de germinação (total, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação), teste de tetrazólio e imagens por meio dos raios X. Há a possibilidade de utilizar o teste de tetrazólio para estimar a viabilidade das sementes de palmeira real australiana. É recomendado o seccionamento longitudinal a partir do opérculo e a coloração do embrião em soluções 0,1% por 360 minutos, no escuro e a 40°C e 0,2% por 120 minutos ou por 240 minutos. A maturidade fisiológica das sementes é atingida quando têm 41% de água, aos 76 dias após a antese, 2,49g de massa seca e germinação máxima; nesse momento os frutos têm coloração caracterizada como 10.R 6/8 vermelha amarela-avermelhada. Com relação à quantidade de água para o armazenamento, a secagem até 25% de água não tem efeitos negativos imediatos na qualidade das sementes da palmeira real australiana; contudo a partir de 20% de água há redução da qualidade das sementes e com 10% de água não há germinação. As condições adequadas para o armazenamento das sementes da palmeira real australiana, que têm inicialmente 48% de água, são a embalagem de polietileno (0,20mm de espessura) e o ambiente com temperatura de 10°C e 80% de umidade relativa do ar; essas condições são favoráveis para manter a qualidade das sementes por até 150 dias.

Palavras-chave: *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude; Tetrazólio; Maturidade; Desidratação; Armazenamento

ABSTRACT

Australian palm seed formation and viability

The *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude is a native specie from tropical forests in Australia, is used in brazilian environment to landscaping and the heart palm extraction. The knowledge about physiological maturity and harvest time are essential to preserve the quality of seeds and seedling production. However, there are few methods available to evaluate these seeds quality, once the germination test needs, at least 70 days, for results. Thus, the tetrazolium test is one option to estimate the seeds viability, as it allows faster results. Then, the aim of this research was adapt the tetrazolium test to evaluate the quality of royal palm seeds, for this it were evaluated seeds from different plants, and the moisture content of the embryo and the color of tissues, using the tetrazolium solutions 0.075%, 0.1% and 0.2%, during 1, 2, 4 e 6h in the dark at 40 °C. Additionally, in this research were determinate the physical and physiological characteristics of the fruits and the seeds to characterize the seed maturity, then were evaluated the color, using digital colorimetry, and the morphometric characteristics, diameter, length and weight. To determine the physiological parameters were evaluated the germination, germination speed and average germination time, the viability (tetrazolium test) and the seed moisture content. The evaluation of seeds formation was completed with storage study once that seeds are classified as recalcitrant. For this, the seeds from two stages of maturation (color of pericarp red and dark red) were packed in polyethylene bags, with 0.20mm thickness and, then, were kept in uncontrolled environment and in controlled temperature (10 °C and 80% RH), per 5 months; each 30 days the samples were removed for analyses: moisture content, germination test, germination speed, average germination time, tetrazolium test and X-ray images. In the storage study also was evaluated dehydration of those seeds to determine the better moisture content for storage those seeds, without seed viability interference. There is the possibility of using tetrazolium test to assess the viability of Australian royal palm seeds. It is recommended to longitudinal sectioning from the operculum and staining of the embryo in 0.1% solutions for 360 minutes in the dark and at 40 ° C and 0.2% for 120 minutes or for 240 minutes in the dark and at 40 ° C . The physiological maturity of seeds is achieved when they have 41% water, 76 days after anthesis, 2,49g of dry mass and maximum germination; at that time the fruits were characterized as coloring 10.R 6/8 yellow-red red. With respect to the amount of water for storage, drying to 25% of water has no immediate negative effects on the quality of the seeds of Australian royal palm; however from 20% of water is reduced seed quality and 10% water no germination. Suitable conditions for the storage of seeds of the Australian royal palm, which initially have 48% water, are the polyethylene bags (0.20mm thick) and the ambient temperature of 10° C and 80% relative humidity; these are favorable conditions to maintain seed quality for up to 150 days.

Keywords: *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude; Tetrazolium; Maturity; Dehydration; Storage

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DOS FRUTOS DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA, COM EPICARPO DE COR VERMELHA BRILHANTE, NO ESTÁDIO INICIAL DE DISPERSÃO, CONFORME CARACTERIZADO POR BOVI (1998)..... 21
- FIGURA 2. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA, APÓS A EXTRAÇÃO DO EPICARPO E DO MESOCARPO DOS FRUTOS 21
- FIGURA 3. TESTE DE TETRAZÓLIO: EMBRIÕES VIÁVEIS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA (A1: EMBRIÃO, A2: ENDOSPERMA, A3: EIXO EMBRIONÁRIO, A4: COTILÉDONE) EM SOLUÇÃO DE 0,2% DE TETRAZÓLIO POR 240 MINUTOS, A 40°C NO ESCURO 27
- FIGURA 4. TESTE DE TETRAZÓLIO: EMBRIÕES NÃO VIÁVEIS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA (A1: EMBRIÃO, A2: ENDOSPERMA) EM SOLUÇÃO DE 0,2% DE TETRAZÓLIO POR 240 MINUTOS, A 40°C NO ESCURO 27
- FIGURA 5. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DA COLETA DOS FRUTOS DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA..... 34
- FIGURA 6. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DOS FRUTOS DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA, COLHIDOS: (A) AOS 45 DIAS APÓS A ANTESE - DAA (71,5% DE ÁGUA), (B) AOS 55 DAA (81,1% DE ÁGUA) E (C) AOS 68 DAA (55,0% DE ÁGUA) 42
- FIGURA 7. IMAGENS FOTOGRÁFICAS DOS FRUTOS DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA COLHIDOS: (A) AOS 76 DIAS APÓS A ANTESE - DAA (51,7% DE ÁGUA) E (B) AOS 85 DAA (50,4% DE ÁGUA) 42
- FIGURA 8. CURVA DE SECAGEM DE SEMENTES DE PALMEIRA AUSTRALIANA DURANTE DIFERENTES TEMPOS DE SECAGEM A 30°C±2°C 44
- FIGURA 9. IMAGENS DAS RADIOGRAFIAS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA: 44% (A), 40% (B), 35% (C), 30% (D), 25% (E), 20% (F), 15% (G) E 10% (H) 46
- FIGURA 10. RADIOGRAFIAS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA, REFERENTES À COLHEITA AOS 76 DAA, ARMAZENADAS EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO POR 30 DIAS (A), 60 DIAS (B) E 90 DIAS (C), RESPECTIVAMENTE COM TEORES DE ÁGUA DE 46,0%, 47,5% E 46,6% 59
- FIGURA 11. RADIOGRAFIAS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA, REFERENTES À COLHEITA AOS 76 DAA, ARMAZENADAS A 10°C E 80%UR POR 30 DIAS (A), 60 DIAS (B), 90 DIAS (C), 120 DIAS (D) E 150 DIAS (E), RESPECTIVAMENTE COM TEORES DE ÁGUA DE 45,0%, 47,1% E 47,7%, 46,4% E 48,5% 59
- FIGURA 12. RADIOGRAFIAS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA, REFERENTES À COLHEITA AOS 85 DAA, ARMAZENADAS EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO POR 30 DIAS (A), 60 DIAS (B), 90 DIAS (C), 120 DIAS (D) E 150 DIAS (E), RESPECTIVAMENTE COM TEORES DE ÁGUA DE 46,0%, 46,9% E 44,9%, 45,9% E 45,2% 59
- FIGURA 13. RADIOGRAFIAS DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA, REFERENTES À COLHEITA AOS 85 DAA, ARMAZENADAS A 10°C E 80%UR POR 30 DIAS (A), 60 DIAS (B), 90 DIAS (C), 120 DIAS (D) E 150 DIAS (E), RESPECTIVAMENTE COM TEORES DE ÁGUA DE 45,8%, 45,8% E 45,9%, 46,3 E 46,0% 60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: MASSA DE MIL SEMENTES E TEORES DE ÁGUA (%) DAS SEMENTES, ANTES E APÓS A IMERSÃO EM ÁGUA, REFERENTES ÀS DUAS ÉPOCAS DE ANÁLISES	24
TABELA 2. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DA GERMINAÇÃO (G), DO ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG) E DO TEMPO MÉDIO DE GERMINAÇÃO (TMG) EM SUBSTRATOS VERMICULITA E AREIA, REFERENTES ÀS DUAS ÉPOCAS DE ANÁLISE	24
TABELA 3. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DOS TESTES DE GERMINAÇÃO, UTILIZANDO OS SUBSTRATOS VERMICULITA (TGV) E AREIA (TGA), E DE TETRAZÓLIO, CONCENTRAÇÕES DE 0,075; 0,1 E 0,2% E PERÍODOS DE COLORAÇÃO DE 60, 120, 240 E 360 MINUTOS, REFERENTES ÀS DUAS ÉPOCAS.....	26
TABELA 4. FRUTOS DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DO TEOR DE ÁGUA (TA), MASSA DE MIL FRUTOS (MMF), COMPRIMENTO (C), LARGURA (L) E MASSA SECA (MS) DE FRUTOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE FORMAÇÃO, OU SEJA, DIFERENTES DIAS APÓS A ANTESE (DAA)	38
TABELA 5. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DO TEOR DE ÁGUA (TA), MASSA DE MIL SEMENTES (MMS), COMPRIMENTO (C), LARGURA (L) E MASSA SECA (MS) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE FORMAÇÃO, OU SEJA, DIFERENTES DIAS APÓS A ANTESE (DAA)	39
TABELA 6. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DA GERMINAÇÃO (G), ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG), TEMPO MÉDIO DE GERMINAÇÃO (TMG) E VIABILIDADE PELO TESTE DE TETRAZÓLIO (TZ) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE FORMAÇÃO, OU SEJA, DIFERENTES DIAS APÓS A ANTESE	40
TABELA 7. RESULTADOS DAS DETERMINAÇÕES DAS CORES DO EPICARPO DOS FRUTOS DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA UTILIZANDO O COLORÍMETRO DIGITAL E A CARTA DE CORES PARA TECIDOS VEGETAIS	41
TABELA 8. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA (PEROXIDAÇÃO DOS LIPÍDEOS; PERÓXIDO DO HIDROGÊNIO) EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE FORMAÇÃO, OU SEJA, DIFERENTES DIAS APÓS A ANTESE (DAA)	43
TABELA 9. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA COM DIFERENTES NÍVEIS DE DESIDRATAÇÃO: RESULTADOS DO TESTE DE GERMINAÇÃO (TG), TESTE DE TETRAZÓLIO (TZ), ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO (IVG), TEMPO MÉDIO DE GERMINAÇÃO (TMG) E ÍNDICE RGB	45
TABELA 10. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DOS TEORES DE ÁGUA INICIAL DAS SEMENTES (TAI) E APÓS A IMERSÃO EM ÁGUA (TAAI) REFERENTE ÀS COLHEITAS AOS 76 DAA E AOS 85 DAA E AO ARMAZENAMENTO EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO (NC) E EM AMBIENTE CONTROLADO (CONT), AVALIADAS EM CINCO ÉPOCAS DE ARMAZENAMENTO	55
TABELA 11. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DO TESTE DE GERMINAÇÃO REFERENTE ÀS COLHEITAS AOS 76 DAA E AOS 85 DAA E AO ARMAZENAMENTO EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO (NC) E EM AMBIENTE CONTROLADO (CONT), AVALIADAS EM CINCO ÉPOCAS DE ARMAZENAMENTO	57

TABELA 12. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DO TESTE DE TETRAZÓLIO REFERENTE ÀS COLHEITAS AOS 76 DAA E AOS 85 DAA E AO ARMAZENAMENTO EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO (NC) E EM AMBIENTE CONTROLADO (CONT), AVALIADAS EM CINCO ÉPOCAS DE ARMAZENAMENTO 57

TABELA 13. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DO ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO REFERENTE ÀS COLHEITAS AOS 76 DAA E AOS 85 DAA E AO ARMAZENAMENTO EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO (NC) E EM AMBIENTE CONTROLADO (CONT), AVALIADAS EM CINCO ÉPOCAS DE ARMAZENAMENTO 58

TABELA 14. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DO TEMPO MÉDIO DE GERMINAÇÃO REFERENTE ÀS COLHEITAS AOS 76 DAA E AOS 85 DAA E AO ARMAZENAMENTO EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO (NC) E EM AMBIENTE CONTROLADO (CONT), AVALIADAS EM CINCO ÉPOCAS DE ARMAZENAMENTO 58

TABELA 15. SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA: RESULTADOS DO ÍNDICE RGB (RED, GREEN, BLUE) REFERENTES ÀS COLHEITAS AOS 76 DAA E AOS 85 DAA E AO ARMAZENAMENTO EM AMBIENTE NÃO CONTROLADO (NC) E EM AMBIENTE CONTROLADO (CONT), AVALIADAS EM CINCO ÉPOCAS 60

1. INTRODUÇÃO

A família botânica das palmeiras (Arecaceae – Palmae) tem aproximadamente 3.000 espécies distribuídas pelo mundo, porém a maior concentração é nos trópicos e subtropicais. Nas Américas foram descritos 67 gêneros, 1.440 espécies, das quais 200, de 39 gêneros, existem no Brasil (HENDERSON e MEDEIROS-COSTA, 2006).

As palmeiras fornecem diretamente diferentes produtos como os frutos, o palmito, as folhas e os estipes que são utilizados para diferentes fins, além da própria planta, utilizada também, para o paisagismo. Dependendo da palmeira, os frutos são consumidos *in natura* ou processados para a produção de sucos, doces, vinhos, licores e sorvetes e, também, pode fornecer fibras, óleos, bebidas e ceras. Além disso, muitas palmeiras são utilizadas no paisagismo e, também, são fonte de alimentos para animais frugívoros.

A palmeira real australiana (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude) é uma espécie nativa das florestas tropicais da Austrália e está adaptada ao clima brasileiro. É utilizada em projetos de paisagismo e também para a extração de palmito. Tal palmeira produz um palmito de qualidade superior em comparação ao das espécies *Euterpe oleracea* e *Euterpe edulis*, principais plantas exploradas para a obtenção do palmito no Brasil (BOVI, 1998).

As palmeiras propagam-se por sementes e a germinação, assim como o vigor, é essencial para a formação das mudas. Contudo, a germinação das sementes das palmeiras é lenta e desuniforme. Além disso, existem restrições de métodos para avaliar a qualidade dessas sementes. Dessa forma, o teste de tetrazólio é uma alternativa para determinar a qualidade das sementes que têm dormência ou cuja germinação é lenta.

Por outro lado, é questionável a produção de sementes de qualidade sem que haja conhecimento do processo de formação. O desenvolvimento e a maturação das sementes são aspectos importantes a serem considerados na produção, pois as condições de ambiente nas fases de florescimento e frutificação, assim como a época ideal para a colheita é que determinam a qualidade das sementes.

A conservação das sementes das palmeiras é complexa, em função de serem classificadas como recalcitrantes, ou seja, têm vida curta e a redução do teor de água mata as sementes (BERJAK; PAMMENTER, 1989). Assim, o recomendado para o armazenamento das sementes recalcitrantes são as embalagens plásticas, para evitar a desidratação e manter a viabilidade, e as temperaturas entre 5°C e 10°C (ROBERTS, 1973; HONG e ELLIS, 1996; MARTINS et al., 2000). No entanto, o armazenamento das sementes em tais condições favorece a germinação das sementes no interior da embalagem e o desenvolvimento de fungos.

A redução do teor de água das sementes é uma possibilidade para conservar a qualidade por mais tempo, já que reduz o metabolismo das sementes e a ocorrência de microrganismos. No entanto, as sementes classificadas como recalcitrantes não sobrevivem à desidratação, o que limita a secagem dessas sementes até determinados níveis, que variam de acordo com a espécie. Dessa forma, é essencial avaliar a secagem das sementes recalcitrantes para estabelecer os níveis críticos de desidratação das sementes das diferentes espécies vegetais.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi estudar a adequação do teste de tetrazólio para as sementes da palmeira real australiana e avaliar a formação dessas sementes por meio das determinações das variáveis físicas e fisiológicas, determinando também os níveis críticos de desidratação. Paralelamente foi avaliada a conservação dessas sementes que, em princípio, são classificadas como recalcitrantes.

Referências

- BERJAK, P. F.; PAMMENTER, N; W. The basis of recalcitrant seeds behaviour – cell biology of the homohydrous seed conditions. In: Taylorson, R. B. (ed.). Recent advances in the development and germination of seeds. **Plenum Press**, p. 89-108, 1989.
- BOVI, M.L.A. Cultivo da palmeira real australiana visando à produção de palmito. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1998. 26p. (Boletim Técnico, 172).
- HENDERSON, A.; MEDEIROS-COSTA, J. T. de. Arecaceae. In: BARBOSA, M. R. de V. et al. (org.). **Checklist das plantas do nordeste brasileiro: angiosperma e gymnospermas**. Brasília, Ministério de Ciências e Tecnologia, 2006.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behaviour. **International Plant Genetic Resources Institute**, n.1, 1996.
- MARTINS CC; BOVI M. L. A; NAKAGAWA J; GODOY J.R.G. Despolpamento e temperatura no armazenamento temporário de sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirotosantensis* Fernandes). Revista Brasileira de Sementes, v.22, n 1, p. 169-176, 2000.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, p. 499-514, 1973.

2. ADEQUAÇÃO DO TESTE DE TETRAZÓLIO PARA ESTIMAR A VIABILIDADE DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA

RESUMO

A palmeira real australiana (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude), planta nativa das florestas tropicais da Austrália, é utilizada em ambientes brasileiros para o paisagismo e para a extração do palmito. Em função da demanda por essas sementes, é importante o estudo de métodos para avaliar a qualidade como, por exemplo, o teste de tetrazólio. Para isso, as sementes foram imersas em água a 30°C (para facilitar o corte) até atingirem 47% a 50% de água. A seguir, as sementes foram seccionadas, longitudinalmente a partir do opérculo, para possibilitar a exposição das partes internas da semente. Em seguida, foram colocadas em recipientes plásticos e imersas em soluções 0,075%, 0,1% ou 0,2% do sal de tetrazólio, durante 60, 120, 240 ou 360 minutos, no escuro a 40°C; a viabilidade foi determinada em função das características dos tecidos do embrião. Para aferição dos resultados do teste de tetrazólio, paralelamente, foram avaliados o teor de água e a germinação das sementes (total, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação). Há a possibilidade de utilizar o teste de tetrazólio para estimar a viabilidade das sementes da palmeira real australiana. Para o preparo das sementes são indicados a avaliação das sementes com 47 a 50% de água, o seccionamento longitudinal a partir do opérculo e a coloração do embrião em soluções 0,1% por 360 minutos ou 0,2% por 120 minutos ou por 240 minutos, no escuro e a 40°C.

Palavras-chave: *Archontophoenix cunninghamiana*; teor de água; germinação

TETRAZOLIUM TEST ADJUSTMENT TO ESTIMATE THE VIABILITY OF AUSTRALIAN PALM SEED

ABSTRACT

The Australian palm plant (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude), native from tropical forests in Australia, is used in Brazilian environment to landscaping and the palm extraction. Recently, there was increase demand for seeds of forest species, increasing the possibility of study of methods to evaluate the quality of the seeds, especially the viability. The aim this research was to adapt the tetrazolium test to evaluate the quality of these seeds. The seeds were hydrated by immersion at 30°C, until 47-50% of water. Then, was sectioned longitudinally from the operculum, to enable the exposure of the embryo. These seeds were sectioned and then, immersed in solutions 0.075%, 0.1% or 0.2% of tetrazolium salt, during 60, 120, 240 or 360 minutes, in the dark at 40 °C; the viability was determined depending on the characteristics of the embryonic tissues. At the same time, were evaluated, the seed moisture content and the germination of seeds (total, germination speed index and mean germination time). There is possibility to use the tetrazolium test to evaluate the viability of Australian royal palm seeds. To prepare the seeds is recommended the immersion of seeds in water, until 47-50% of water, the seed longitudinal section and the coloration of the embryo in the tetrazolium 0,1% solution

during 360 minutes or 0,2% solution, during 120 minutes or 240 minutes, in the dark, at 40°C.

Keywords: *Archontophoenix cunninghamiana*; moisture content; germination

2.1. Introdução

A palmeira real australiana (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude) é uma planta nativa das florestas tropicais da Austrália e que foi introduzida no Brasil para ser utilizada como planta ornamental, devido à excelente adaptação. É utilizada em praças, jardins e para a arborização urbana, principalmente no estado de São Paulo, onde floresce o ano todo (LORENZI et al. 2005). Além disso, houve a implantação de áreas de cultivo dessa planta para a produção de palmito, especialmente nos estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo, em substituição à exploração predatória de plantas de espécies como *Euterpe edulis* (CHARLO et al. 2006).

O teste de tetrazólio é utilizado com êxito para estimar a viabilidade das sementes de diversas espécies e é também uma alternativa para espécies cujas sementes têm dormência ou que a germinação é lenta. Esse é o caso das sementes das palmeiras, que necessitam de 70 dias ou mais para finalizar o processo de germinação, gerando problemas para a produção de mudas, já que a determinação rápida da viabilidade das sementes é essencial para as decisões quanto ao armazenamento, à comercialização e à semeadura (TEKRONY, 2003).

O teste de tetrazólio é classificado como um teste bioquímico (McDONALD, 1975) e é baseado na modificação da coloração de tecidos vivos, na presença da solução de tetrazólio. Essas alterações são decorrentes da atividade das enzimas desidrogenases, que catalisam a respiração das células (DELOUCHE et al., 1976). Em função disso é formado um composto de coloração avermelhada, denominado trifênil formazan, que diferencia os tecidos vivos, dos deteriorados e dos mortos, possibilitando a classificação das sementes em viáveis ou não viáveis (DELOUCHE et al., 1976; ISTA, 2008; BRASIL, 2009).

De forma geral quando se utiliza o teste de tetrazólio para sementes grandes é sugerido que o embrião seja extraído ao invés de utilizar a semente inteira, como é o caso das sementes de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Ferreira et al. 2007), *Poecilanthe parviflora* Benth. (Pinto et al. 2008), *Jatropha curcas* L., (Pinto et al. 2009) e *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Oliveira et al. 2014a; Silva et al. 2016).

As pesquisas relacionadas à adequação do teste de tetrazólio para sementes de espécies da família Arecaceae são ainda incipientes. No entanto, as informações disponíveis na literatura indicaram que há a possibilidade de utilização, em função dos

estudos das sementes de coquinho-azedo (*Butia capitata*) (Mart) Becc por Fernandes et al. (2007), de macaúba (*Acrocomia aculeata*) por Ribeiro et al. (2010), de angico (*Anadenanthera peregrina*) (L.) Speg por Pinho et al. 2011 e de palmito juçara (*Euterpe edulis*) Mart por Oliveira et al. (2014b).

A germinação das sementes do coquinho-azedo (*Butia capitata*) (Mart) Becc é lenta e heterogênea e não há informações de métodos para avaliar a germinação dessas sementes, assim Fernandes et al. (2007) avaliaram o método para o teste de tetrazólio visando estimar a viabilidade dessas sementes. Estudaram três formas de exposição das partes internas das sementes (endosperma inteiro com embrião, secção longitudinal do endosperma e extração do embrião) e três concentrações da solução do sal de tetrazólio (0,1; 0,5 e 1,0%) durante três períodos (120, 240 e 360 minutos) no escuro e em temperatura ambiente. Afirmaram que o adequado para estimar a viabilidade dessas sementes por meio do teste de tetrazólio é a extração do embrião e a imersão do embrião por 240 minutos em solução 0,5% do sal de tetrazólio.

Com o intuito de estabelecer critérios para a aplicação do teste de tetrazólio para os embriões das sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata*) Ribeiro et al. (2010) identificaram padrões de coloração com solução de 0,5% do sal de tetrazólio, durante 240 minutos no escuro, associados a 35°C e 40°C para a coloração. Em seguida, testaram as concentrações de 0,5%, 0,75% e 1,0% do sal de tetrazólio associadas aos dois períodos de coloração, 120 e 240 minutos, a 35°C; definiram dez padrões de coloração e três classes de vigor com base na morfologia dos embriões e no desenvolvimento das plântulas *in vitro*. O ideal para a avaliação da viabilidade das sementes de macaúba é a coloração por 240 minutos, em solução 0,5% do sal de tetrazólio, a 35°C.

Investigando a possibilidade de estimar a viabilidade das sementes do palmito-juçara (*Euterpe edulis*) Mart, de forma rápida e eficiente, Oliveira et al. (2014a) avaliaram o preparo das sementes por meio da escarificação, com lixa na região do poro germinativo, seguido da imersão em água por 18h e o seccionamento longitudinal da semente. A viabilidade das sementes foi avaliada utilizando soluções 0,07% e 0,1% do sal de tetrazólio, durante 24 horas, a 25°C no escuro. Os autores estabeleceram que o seccionamento longitudinal da semente, abrangendo o endosperma e o embrião, e a utilização da solução 0,07% do sal de tetrazólio, possibilitam a obtenção de resultados de viabilidade estatisticamente similares aos de germinação, com coeficiente de 0,98% de correlação, sendo assim, consideraram este método como o adequado para estimar a viabilidade das sementes de *E. edulis*.

Assim, o objetivo dessa pesquisa foi estudar a adequação do teste de tetrazólio para as sementes de *A. cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, em função da demanda de

tempo para a realização do teste de germinação e porque não há estudo desse método para essas sementes.

2.2. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. Foram avaliadas sementes de *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, oriundas de seis diferentes plantas, localizadas no Campus “Luiz de Queiroz”, no município de Piracicaba – SP (47° 38’, 22° 42’ 30’’ e 546 metros de altitude), entre os meses de novembro e dezembro de 2013.

A caracterização do momento da colheita dos frutos foi baseada nas informações de Bovi (1998), ou seja, os frutos foram colhidos da planta, no estágio inicial de dispersão, quando tinham o epicarpo de cor vermelha brilhante (Figura 1). Para a colheita dos frutos, os cachos foram cortados com auxílio de uma tesoura de poda e, em seguida, transportadas em sacos plásticos fechados, até o laboratório de Análise de Sementes. Posteriormente, os frutos foram destacados manualmente da infrutescência e despolidos, que consistiu na retirada do epicarpo e do mesocarpo, por meio de fricção sobre peneira de malha de aço; em seguida, as sementes (frutos sem epicarpo e mesocarpo) (Figura 2) foram lavadas em água corrente para a retirada dos resíduos.



Figura 1. Imagens fotográficas dos frutos da palmeira real australiana, com epicarpo de cor vermelha brilhante, no estágio inicial de dispersão, conforme caracterizado por Bovi (1998)



Figura 2. Imagens fotográficas das sementes da palmeira real australiana, após a extração do epicarpo e do mesocarpo dos frutos

Teste de tetrazólio - a posição do embrião foi definida previamente pela observação visual da superfície externa das sementes, utilizando o microscópio estereoscópico, e por meio do seccionamento das sementes. Definida a posição do embrião, quatro repetições de 10 sementes foram imersas em água por períodos de 24h a 30°C, com objetivo de facilitar o corte. Posteriormente as sementes foram colocadas sobre uma superfície de madeira, sobre a qual foi colocada uma esponja, e com uma faca (lâmina de 1,30 mm) as sementes foram seccionadas longitudinalmente, a partir do opérculo para a exposição do embrião, sendo a mesma dividida em duas partes; a parte que continha o embrião foi colocada sobre papel filtro com água destilada até o momento de entrar em contato com a solução do sal de tetrazólio e a outra parte foi descartada.

Finalizado o seccionamento, as sementes foram colocadas em recipientes plásticos e, em seguida, imersas em soluções 0,075%, 0,1% ou 0,2% de tetrazólio, durante 60, 120,

240 ou 360 minutos e mantidas no escuro a 40°C. Após cada período de coloração, as sementes foram retiradas da solução, lavadas em água corrente e mantidas submersas em água até o momento de serem colocadas em contato com a solução de tetrazólio. Para estimar a viabilidade das sementes por meio do teste de tetrazólio, os embriões foram avaliados individualmente, por meio visual, utilizando lupa (aumento de 15 vezes) e classificados em duas categorias: I – semente viável: tecidos do eixo embrionário e do cotilédone de cor rosa clara, íntegros, túrgidos, sem alterações físicas visíveis; foram também consideradas viáveis as sementes que tinham os tecidos do eixo embrionário de cor branca e os do cotilédone de cor rosa, íntegros, túrgidos e sem alterações físicas visíveis (Figura 3.); II – semente não viável: tecidos do eixo embrionário e do cotilédone de cor vermelha intensa e, geralmente, flácidos, ou com áreas sem coloração ou com alterações de qualquer natureza que comprometem a viabilidade dos tecidos, tecidos flácidos e sem coloração e tecidos do eixo embrionário e do cotilédone flácidos e sem coloração caracterizando a semente morta (Figura 4.). Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis.

Com a finalidade de verificar a estabilidade de resposta da população de sementes aos tratamentos, foram avaliadas duas épocas de análises, sendo cada uma representada por uma coleta diferente, com um mês de intervalo. Paralelamente, para a aferição dos resultados do teste de tetrazólio foram avaliados o teor de água, a massa de mil sementes e a germinação das sementes, conforme descritos a seguir:

Teor de água – determinado pelo método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 h, utilizando quatro repetições de cinco sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de água.

Teste de germinação – conduzido em substratos vermiculita (de granulometria média) e areia, em caixas plásticas (18 x 7 x 12 cm), com quatro repetições de 25 sementes, em câmara de germinação tipo BOD com temperatura alternada 20-30°C (MARTINS et al., 2011; MARTINS et al., 2007), com 8 horas de luz. As avaliações dos testes foram semanais até a estabilização da germinação das sementes, aos 70 dias após a semeadura. Com os resultados foram calculados o total de plântulas normais (em %), o índice de velocidade de germinação, IVG, (MAGUIRE, 1962) e o tempo médio de germinação das sementes, em dias, conforme indicado por Edmond e Drapala (1965).

Massa de mil sementes – foram contadas ao acaso, oito repetições de 100 sementes cada e, posteriormente, as sementes de cada repetição foram pesadas. O resultado foi calculado multiplicando por 10 o peso médio das repetições de 100 sementes e expresso em gramas (BRASIL, 2009).

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, para a análise do substrato foi empregado o esquema fatorial 2x2, sendo dois

substratos (vermiculita e areia) e duas épocas de análise, com quatro repetições; já para o estudo do teste de tetrazólio foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com doze tratamentos e quatro repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

2.3. Resultados e discussão

Em função dos resultados da Tabela 1, é possível observar que após a colheita as sementes da palmeira real australiana tinham entre 41% e 45% de água; provavelmente, como as sementes das demais espécies da família *Arecaceae*, essas sementes são classificadas como recalcitrantes e, em função disso, no final do processo de maturação não têm a redução do teor de água associada ao momento em que fisiologicamente rompem a conexão com a planta-mãe (BARBEDO et al., 2013).

Esse resultado é similar ao que Martins et al. (2003) determinaram para sementes recém colhidas da palmeira *Archontophoenix alexandrae* (Wendl. & Drude). Esses pesquisadores afirmaram que essas sementes são recalcitrantes e que a germinação varia em função do teor de água, assim quando as sementes têm 47% de água a porcentagem de germinação é alta, quando têm 31% de água a taxa de germinação das sementes é negativamente afetada e quando o teor de água é de 15,1% há a redução da germinação das sementes.

Para iniciar o preparo das sementes da palmeira real australiana para o teste de tetrazólio, com o intuito de facilitar o corte e evitar danificações no embrião, as sementes foram imersas em água a 30°C por 24 horas, apenas para facilitar o corte. Assim, as sementes que tinham teor de água inicial de 45,1% hidrataram-se e após a imersão atingiram 50,4% de água, enquanto as que tinham 41,1% de água atingiram 47,2% (Tabela 1). Essa variação do teor de água dessas sementes após a hidratação não foi considerada suficiente para interferir nos resultados do teste de tetrazólio, devido à similaridade desses resultados entre as duas épocas de análises.

Os resultados da massa de mil sementes (Tabela 1), em ambas as épocas, foram similares; esse resultado corresponde ao peso das sementes formadas que, por sua vez, é relacionado à maturidade fisiológica, caracterizando as sementes que atingiram o máximo acúmulo de matéria seca que, nesse caso, correspondeu, em média, a 539,00g por mil sementes.

Tabela 1. Sementes da palmeira real australiana: massa de mil sementes e teores de água (%) das sementes, antes e após a imersão em água, referentes às duas épocas de análises

Variáveis	Época 1	Época 2
Massa de 1000 (g)	540,75	537,25
Teor de água inicial (%)	45,1	41,1
Teor de água após imersão em água (%)	50,4	47,2

O estudo do substrato para a germinação das sementes da palmeira real australiana, em ambas as épocas de análises, indicou que o adequado é a vermiculita, granulometria média, umedecida com 60% da capacidade de retenção do substrato em água, uma vez que os resultados relacionados ao substrato areia, na segunda época de análise, foram estatisticamente inferiores aos obtidos com o substrato vermiculita (Tabela 2). No teste de germinação utilizando a areia houve a proliferação de fungos, observada visualmente, que provavelmente causou a redução desses resultados. Além dos resultados da germinação, os do índice de velocidade de germinação e do tempo médio de germinação foram estatisticamente inferiores, confirmando a redução da qualidade dessas sementes.

Tabela 2. Sementes da palmeira real australiana: resultados da germinação (G), do índice de velocidade de germinação (IVG) e do tempo médio de germinação (TMG) em substratos vermiculita e areia, referentes às duas épocas de análise

Substrato	G (%)		IVG		TMG (dias)	
	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2	Época 1	Época 2
Vermiculita	68aA	74aA	1,62aA	1,69aA	42,53aA	49,46aA
Areia	70aA	49bB	1,54aA	0,95bB	42,10aA	52,73aB
CV (%)	14,46*		15,81*		6,98*	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Esses resultados são similares aos obtidos por Martins et al. (2011) que avaliaram os tipos de substrato para a germinação das sementes de *Archontophoenix alexandrae* H. WENDL. & DRUDE, do mesmo gênero que as sementes estudadas, e constataram que a utilização de vermiculita, umedecida com uma vez o seu peso em água, é adequada como substrato para o teste de germinação, pois possibilitou a máxima germinação das sementes.

A utilização do substrato vermiculita é também indicada para a germinação das sementes de outras espécies da família Arecaceae como, por exemplo, para as de pupunha (*Bactris gasipae*), de palmito juçara (*Euterpe edulis*), de açai (*Euterpe oleraceae*), de açai do Amazonas (*Euterpe precatória*) e de buriti (*Mauritia flexuosa*), conforme constam nas Instruções para Análise de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013).

Os resultados relacionados à avaliação da viabilidade das sementes da palmeira real australiana pelo teste de tetrazólio indicaram que a imersão das sementes em solução de tetrazólio por 60 minutos (Tabela 3), independentemente da concentração da solução, ou seja, 0,075%, 0,1% ou 0,2%, não foi eficiente, pois não foi possível avaliar a viabilidade das sementes, porque não houve coloração dos tecidos do embrião.

O aumento do período de imersão para 120 minutos indicou que somente a concentração de 0,2% foi eficiente para a coloração dos tecidos do embrião e, conseqüentemente, para estimar a viabilidade das sementes (Tabela 3), quando esses resultados são comparados aos do teste de germinação (68% e 74%, na primeira e segunda épocas, respectivamente), utilizando o substrato vermiculita.

Os resultados obtidos com a coloração das sementes por 240 minutos em solução 0,2% de tetrazólio (Figuras 3 e 4), também foram semelhantes em termos de viabilidade, quando comparados aos do teste de germinação em vermiculita e estatisticamente superiores aos resultados das demais concentrações testadas, ou seja, 0,075 e 0,1%, na segunda época de análise (Tabela 3).

Em relação à imersão das sementes por 360 minutos em solução de tetrazólio, o resultado de viabilidade das sementes da palmeira real australiana na primeira época de análise foi estatisticamente similar ao do teste de germinação (Tabela 3). No entanto, essa similaridade estatística não foi mantida na segunda época de análise, o que não caracteriza a adequação desse tratamento para estimar a viabilidade dessas sementes.

Para estimar a viabilidade das sementes da palmeira real australiana é adequada a utilização da solução 0,1% de tetrazólio por 360 minutos ou 0,2% de tetrazólio por 120 minutos ou 240 minutos, a 40°C e no escuro, em função dos resultados obtidos nas duas épocas de análise e cuja avaliação pode ser observada nas Figuras 3 e 4.

Tabela 3. Sementes da palmeira real australiana: resultados dos testes de germinação, utilizando os substratos vermiculita (TGV) e areia (TGA), e de tetrazólio, concentrações de 0,075; 0,1 e 0,2% e períodos de coloração de 60, 120, 240 e 360 minutos, referentes às duas épocas

Tratamento	Época 1	Época 2
	%	%
TGV	68a	74a
TGA	70a	49c
0,075% - 60 min	0b	0d
0,075% - 120 min	0b	0d
0,075% - 240 min	65a	48c
0,075% - 360 min	65a	58bc
0,1% - 60 min	0b	0d
0,1% - 120 min	0b	0d
0,1% - 240 min	65a	58bc
0,1% - 360 min	68a	65ab
0,2% - 60 min	0b	0d
0,2% - 120 min	78a	70ab
0,2% - 240 min	75a	65ab
0,2% - 360 min	73a	58bc
C.V.(%)	11,10*	10,47*

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

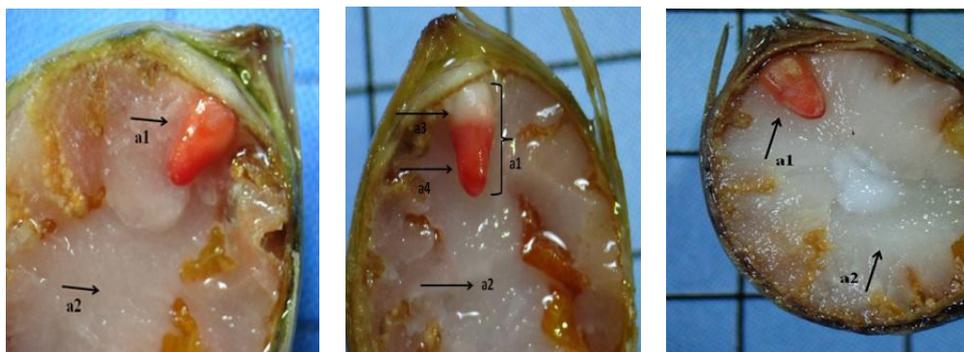


Figura 3. Teste de tetrazólio: embriões viáveis das sementes da palmeira real australiana (a1: embrião, a2: endosperma, a3: eixo embrionário, a4: cotilédone) em solução de 0,2% de tetrazólio por 240 minutos, a 40°C no escuro

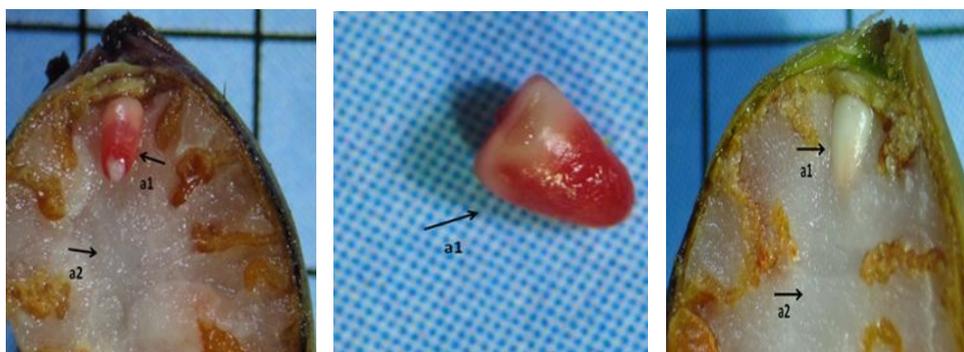


Figura 4. Teste de tetrazólio: embriões não viáveis das sementes da palmeira real australiana (a1: embrião, a2: endosperma) em solução de 0,2% de tetrazólio por 240 minutos, a 40°C no escuro

No entanto, resultados de pesquisas referentes às sementes de algumas palmeiras indicaram outras opções para o preparo das sementes para o teste de tetrazólio. Por exemplo, para as sementes de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) o adequado é a utilização da solução 1% de tetrazólio, por período de 300 minutos a 30°C (SPERA et al. 2001), enquanto para sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Mart.) Ribeiro et al. (2010) consideraram como ideal a solução 0,5% de tetrazólio por 240 minutos a 35°C.

É fundamental considerar que essa variação da recomendação, para o preparo das sementes para o teste de tetrazólio, é decorrente da espécie de semente avaliada, das condições de hidratação das sementes e do tempo e da temperatura de coloração das sementes.

Os resultados dessa pesquisa possibilitaram determinar que, para estimar a viabilidade das sementes da palmeira real australiana por meio do teste de tetrazólio, o preparo das sementes inclui a hidratação, apenas para facilitar o corte, seguida do seccionamento; considerando os resultados obtidos nos testes de germinação, utilizando o substrato vermiculita, e os do teste de tetrazólio, em função das avaliações da coloração dos tecidos do eixo embrionário e do cotilédone, da integridade e da turgidez dos tecidos, é recomendada a utilização da solução 0,1% de tetrazólio por 360 minutos utilização da

solução 0,2% de tetrazólio por 120 minutos, ou utilização da solução 0,2% de tetrazólio por 240 minutos, a 40°C no escuro.

Um fator essencial, que deve ser considerado para a adequação de um método para o teste de tetrazólio, é o período de execução do teste. Assim, os resultados dessa pesquisa possibilitaram identificar que o preparo das sementes da palmeira real australiana é inferior a 30 horas. Considerando que o período requerido para a germinação dessas sementes é de 70 dias, é possível evidenciar a importância da utilização do teste de tetrazólio para estimar a viabilidade dessas sementes.

2.4. Conclusões

Há a possibilidade de utilizar o teste de tetrazólio para estimar a viabilidade das sementes da palmeira real australiana. Para o preparo das sementes são indicados a avaliação das sementes com 47 a 50% de água, o seccionamento longitudinal a partir do opérculo e a coloração do embrião em soluções 0,1% por 360 minutos ou 0,2% por 120 minutos ou por 240 minutos, no escuro e a 40°C.

Referências

- BARBEDO, C. J.; CENTENO, D. C.; RIBEIRO, L. F. Do recalcitrant seeds really exist? *Hoehnea*, v.40, n.4, p.583-593, 2013.
- BOVI, M. L. A. Cultivo da palmeira real australiana visando à produção de palmito. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1998. 26p. (Boletim Técnico, 172).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2013. 98p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.
- CHARLO, H.C.O. et al. Aspectos morfológicos, germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Archontophoenix alexandrae* (F. Mueller) H. Wendl. & Drude (Arecaceae) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.933-940, 2006.
- DELOUCHE, J. C.; STILL, T. W.; RASPET, M.; LIENHARD, M. O teste de tetrazólio para viabilidade da semente. Brasília: **AGIPLAN**, 1976. 103 p.
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra see d. **Proceedings of the American Journal Society for Horticultural Science**, v, 71, p.428-434.

- FERNANDES, R. C. MAGALHÃES, H. M.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; FERNANDES, R. C.; GOMES, J. A. O.; PAULINO, M. A. O.; CARNEIRO, P. A. P. Elaboração da metodologia de aplicação do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade das sementes de coquinho-azedo *Butia capitata* (Mart) Becc. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.
- FERREIRA, R.A.; OLIVEIRA, L.M. de; TONETTI, O.A.O.; DAVIDE, A.C. Comparação da viabilidade de sementes de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake – leguminosae caesalpinioideae, pelos testes de germinação e tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, p.83-89, 2007.
- ISTA – International Seed Testing Association. Biochemical test for viability: the topographical tetrazolium test. In: Chapter 6: **International rules for seed testing**. Ed. 2008. Bassersdorf, 2008. p.6.1-6-30.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; BEHR, N. Palmeira no Brasil: exóticas e nativas. 2. ed. Nova Odessa: **Plantarum**, 2005. 303 p.
- MAGUIRE, J.D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, 2(2):176-177.
- MARTINS, C. C. et al. Tipos de substratos para a germinação da palmeira-real-australiana (*Archontophoenix alexandrae* H. WENDL. & DRUDE). **Revista Árvore**, v.35, n.6, p.1189-1196, 2011.
- MARTINS, C. C. et al. Qualidade fisiológica de sementes de palmitovermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 188- 192, 2007.
- MARTINS, C.C. et al. Desiccation effects on germination and vigor of king palm seeds. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.88-92, 2003.
- McDONALD, M. B. GARCIA, C.; SOUZA, K.; STEFFENS, C. A. PIKART, T. G. A review and evaluation of seed vigour tests. **Proceeding of the Association of Official Seed Analysis**, v. 65, p.109-139, 1975.
- OLIVEIRA, L.M. de; GOMES, J.P.; SOUZA, G.K.; NICOLETTI, M.F.; LIZ, T.O. de; PIKART, T.G. Metodologia alternativa para o teste de tetrazólio em sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. **Floresta e Ambiente**, v.21, p.468-474, 2014a.
- OLIVEIRA, L. M. GARCIA, C.; SOUZA, G. K.; STEFFENS, C. A.; PIKART, T. G.; RIBEIRO, M. S. Avaliação da viabilidade de sementes de *Euterpe edulis* pelo teste de tetrazólio. **Magistra**, v. 26, n. 3, p. 408 - 415, 2014b.
- PINHO, D. S.; BORGES, E. E. L.; CARVALHO, A. P. V.; CORTE, V. B. Adequação da metodologia do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade de sementes de angico. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v. 31, n. 67, p. 269-272, 2011.

- PINTO, T.L.F.; BRANCALION, P.H.S.; NOVEMBRE, A.D.L.C.; CICERO, S.M. Avaliação da viabilidade de sementes de coração-de-negro (*Poecilanthe parviflora* Benth. – Fabaceae-Faboideae) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, p.208-214, 2008.
- PINTO, T. L. F.; MARCOS-FILHO, J. FORTI, V. A.; CARVALHO, C.; GOMES JUNIOR, F. G.. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p.195-2001, 2009.
- RIBEIRO, L. M. et al. Structural evaluation os zygotic embryos and seedlings of the macaw palm (*Acrocomia aculeata*, arecaceae) during *in vitro* germination, **Tree**, v. 26, p.851-863, 2010.
- SILVA, B. A.; NOGUEIRA, J. L.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Critérios para condução do teste de tetrazólio em sementes de araucária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.1, p.61-68, 2016.
- SPERA, M. R. N. et al. Quebra de dormência, viabilidade e conservação de sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1567-1572, 2001.
- TEKRONY, D.M. Precision is an essential component in seed vigour testing. **Seed Science and Technology**, v.31, p.435-447, 2003.

3. FORMAÇÃO E PARÂMETRO FISIOLÓGICO DAS SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA

RESUMO

A planta da palmeira real australiana é utilizada no Brasil como ornamental e para a extração do palmito. A multiplicação dessa planta é por meio da semente, mas não há informações sobre a formação dessas sementes e, conseqüentemente, das relações entre o momento da colheita e a qualidade dessas sementes. Assim, o objetivo desta pesquisa foi estudar a formação das sementes, relacionando os estádios de maturação para definir o momento da colheita e verificar a interferência da desidratação das sementes em relação à manutenção da viabilidade. Dessa forma, as inflorescências foram marcadas durante a antese e as sementes foram obtidas de frutos coletados aos 45, 55, 68, 76 e 85 dias após a antese. Os frutos e, ou, as sementes foram avaliados quanto ao teor de água, à massa de mil, ao comprimento, à largura, à massa seca, à germinação, ao índice de velocidade de germinação, ao tempo médio de germinação, à viabilidade (tetrazólio), à coloração do epicarpo e à composição química. A seguir, para estudar a conservação das sementes, foi determinado o teor de água inicial (44%), no ponto de maturidade fisiológica e, em seguida as sementes foram secas, em equipamento com circulação de ar ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$), até que atingissem 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 15% e 10% de água, para constituir os demais tratamentos. As sementes da palmeira real australiana atingem a maturidade fisiológica quando têm 41% de água, correspondente à colheita aos 76 DAA, e 2,49g de massa seca e os frutos têm coloração 10.R 6/8 vermelha amarela-avermelhada. A secagem das sementes até 25% de água não causa interferência negativa e imediata na qualidade das sementes da palmeira real australiana, no entanto, a partir de 20% de água há redução e com 10% de água as sementes não germinam.

Palavras-chave: *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude; maturação; qualidade; desidratação, recalcitrante.

ABSTRACT

The plant of the Australian real palm is used in Brazil as an ornamental and for the extraction of palm heart. The multiplication of this plant is by seed, but there is no information about the formation of these seed and hence the relationship between the time of harvest and the seed quality. The objective of this research was to study the formation of these seeds, relating the maturation stages to set the time of harvest, and check the interference of seed dehydration in maintaining viability. Thus, the inflorescences were marked during anthesis and seeds were obtained from fruits harvested at 45, 55, 68, 76 and 85 days after anthesis. The fruits and the seeds were evaluated related to moisture content, the weight, the length, the width, the dry mass, germination, germination speed index, the average time of germination, viability (tetrazolium), the color of epicarp and to chemical composition. Next, to study the conservation, these seeds were evaluated with 44% water, corresponding to the physiological maturity, and, then, the seeds were dried until they reached 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 15% and 10% water. The physiological maturity of Australian royal palm seeds is reached with 41% of water, corresponding to the harvest at 76 DAA, and dry mass of 2,49g, when color of the fruit is 10.R 6/8 yellow-red red. Drying of the seeds up to 25% water causes no negative interference on the quality of the seeds of Australian royal palm, however, the quality of the seed is reduced when they have less than 20% water and the seeds do not germinate when they have less than 10% water.

Key-words: *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude; maturation, quality, dehydration, recalcitrant.

3.1. Introdução

As palmeiras, de forma geral, propagam-se por sementes, no entanto, a germinação é lenta e desuniforme, sendo influenciada por diversos fatores como, o estágio de maturação das sementes e a temperatura durante o processo de germinação (PIVETTA et al., 2007). Além disso, as sementes têm redução rápida da viabilidade, pois a desidratação interfere negativamente na qualidade das sementes armazenadas (ANDRADE; PEREIRA, 1997). No entanto, a disponibilidade de sementes com qualidade superior é essencial para a germinação das sementes e para a formação das plântulas, que serão utilizadas para a formação das áreas de cultivo destas plantas.

Para obter sementes de qualidade diferenciada é fundamental que haja o estudo do processo de formação da semente e o conhecimento técnico das demais etapas de produção. A formação da semente que é um processo resultante de todas as alterações morfológicas e funcionais, é caracterizada especialmente pelo acúmulo da massa seca e a possibilidade de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Durante o processo de formação das sementes, que se inicia com a fertilização do óvulo, existem algumas alterações significativas tais como o acréscimo inicial do teor de água, as alterações das massas das matérias seca e fresca, as alterações da germinação, as variações do tamanho das sementes dentre outras modificações, inclusive algumas das quais visíveis, como a mudança dos aspectos externos dos frutos e das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; DELOUCHE, 1981). As modificações externas do fruto são os melhores indicadores da época da colheita, destacando-se a coloração, odor, tamanho e textura. A mudança de cor dos frutos, associada ao aumento do potencial germinativo, é um indicativo que auxilia na determinação da maturidade fisiológica das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A família Arecaceae, anteriormente denominada Palmae, tem distribuição ampla podendo ser encontrada em ambiente de terra firme e em áreas inundadas (MIRANDA; RABELO, 2008). Esse grupo de plantas fornece cocos, palmito, óleo, cera, fibras e material para construções de habitações (HENDERSON e MEDEIROS-COSTA, 2006).

São descritas duas espécies do gênero *Archontophoenix*. *A. cunninghamiana* H. Wendl. & Drude e *A. alexandrae* (F. Muell.) H. Wendl. & Drude, ambas oriundas de Queensland na Austrália. A espécie *A. cunninghamiana*, conhecida como palmeira real australiana, possui tronco simples, podendo alcançar 20 metros de altura e 20 cm de DAP

(diâmetro da altura de peito). O estipe é cilíndrico, não dilatado na base. As folhas são pinadas, de 2 a 3m de comprimento.

As inflorescências são grandes, ramificadas e pendentes, de coloração branca quando jovem. Esta espécie está adaptada ao clima brasileiro e é utilizada para o paisagismo e, recentemente, também para a extração do palmito. Os frutos maduros são esféricos e a cor é vermelha (LORENZI et al., 2004) e da planta é extraído o palmito, que segundo Bovi (1998) tem qualidade superior em comparação ao das plantas de *Euterpe oleracea* e de *Euterpe edulis*, principais plantas das quais o palmito é extraído no Brasil.

As sementes das várias espécies da família Arecaceae são classificadas como recalcitrantes como, por exemplo, as das espécies de *Euterpe oleracea* Mart. (açazeiro) (NASCIMENTO et al., 2007), *Euterpe spiritosantensis* Fernandes (palmito-vermelho) (MARTINS et al., 2007), *Euterpe edulis* Mart. (palmiteiro) (ANDRADE; PEREIRA, 1997) e *Bactris gasipaes* (pupunha) (FERREIRA; SANTOS, 2006), mas não há, ainda, resultado de pesquisa que indique a caracterização das sementes de *Archontophoenix cunninghamiana*.

Para as sementes classificadas como ortodoxas, no final do processo de formação há a desidratação significativa, que é essencial para manter a germinação e que, dentre outros fatores, ao longo do tempo, é o que possibilita a preservação das sementes de determinadas espécies vegetais (FARRANT et al., 1988). Para as sementes recalcitrantes a redução natural da água não ocorre na mesma intensidade em que ocorre nas sementes classificadas como ortodoxas.

Assim, para a manutenção da viabilidade dessas sementes, durante a conservação e, ou, o armazenamento, o teor de água deve ser superior ao requerido para as sementes classificadas como ortodoxas e a temperatura superior a 5°C (ROBERTS, 1973). No entanto, em função da quantidade de água requerida para a conservação dessas sementes há dificuldade para a manutenção da viabilidade, pois dependendo da temperatura em que são mantidas, as sementes germinam ou deterioram-se.

Apesar da importância econômica e da utilização das plantas das espécies da família Arecaceae, há restrição de informações relacionadas à formação das sementes dessas espécies, assim como a constatação se são realmente recalcitrantes. Dessa forma, nessa pesquisa foi avaliada a formação das sementes da palmeira real australiana para determinar as relações entre a formação da semente e a viabilidade, assim como desidratação das mesmas com intuito de classifica-las, ou não, como sementes recalcitrantes.

3.2. Material e Métodos

Os frutos da palmeira real australiana foram coletados de 15 plantas matrizes, cultivadas na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP (47° 38', 22° 42' 30" e 546 metros de altitude), durante os meses de abril a dezembro de 2014 com média de temperatura de 22,7° C e umidade relativa do ar de 72% durante esses meses (Figura 5).



Figura 5. Imagens fotográficas da coleta dos frutos da palmeira real australiana

Para o estudo do processo de formação das sementes, durante a antese, na medida em que foram formados, os ramos florais das plantas foram etiquetados com fitas coloridas. As coletas dos frutos iniciaram-se a partir dos 45 dias após a antese (DAA) e encerraram-se aos 85 DAA. Em cada colheita foram colhidos os frutos de 15 plantas que, em seguida, foram homogeneizados para a composição da amostra para as determinações em laboratório.

Para o estudo da desidratação das sementes foram avaliadas sementes colhidas, no estágio de maturação correspondente ao ponto de maturidade fisiológica, caracterizado

no estudo anterior, das mesmas plantas matrizes que foram utilizadas no estudo da formação das sementes.

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP.

Os frutos foram destacados manualmente das infrutescências e avaliados quanto aos parâmetros físicos e morfológicos. A seguir, por meio da fricção em malha de aço foram retirados o epicarpo e o mesocarpo e, em seguida, as sementes foram lavadas em água corrente, para a retirada do excesso dos resíduos, e secas à sombra por 24 horas.

Anteriormente à secagem, foi determinado o teor de água inicial das sementes (BRASIL, 2009). Posteriormente as amostras foram homogeneizadas para compor o tratamento controle, ou seja, sem secagem com teor de água de 44%. As sementes restantes foram submetidas à secagem, em equipamento com circulação de ar ($30\pm 2^{\circ}\text{C}$), até teores de água de 40%, 35%, 30%, 25%, 20%, 15% e 10%, constituindo assim os demais tratamentos. O teor de água foi determinado utilizando o método da estufa, $105^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009), com quatro repetições contendo cinco sementes cada. Os resultados, expressos em porcentagem, foram calculados com base na massa úmida.

Para a secagem, as sementes foram distribuídas em camada única, sobre bandejas de alumínio e os tratamentos foram obtidos por meio do acompanhamento da perda de água das sementes durante a secagem. Para monitorar o processo, amostras de sementes com massa inicial conhecida foram colocadas em sacos de filó e distribuídas nas prateleiras do secador para pesagem em intervalos regulares. A massa final das amostras, correspondente aos teores de água desejados, foi previamente determinada por meio da equação descrita por Cromarty et al. (1985).

As sementes e os frutos foram avaliados pelas variáveis descritas a seguir:

Teor de água – determinado pelo método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 h (BRASIL, 2009), utilizando quatro repetições de cinco frutos e de cinco sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de água, base úmida.

Massa de mil frutos e mil sementes – foram contadas, ao acaso, oito repetições de 100 frutos e oito repetições de 100 sementes cada e, em seguida, pesados e os resultados expressos em gramas, conforme indicado nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Comprimento e largura - foram avaliados em quatro repetições de vinte e cinco frutos e vinte e cinco sementes dos diferentes estádios de maturação, utilizando paquímetro digital 6”, marca Zaas precision, e o resultado expresso em centímetros (cm).

Coloração – os frutos foram classificados nos diferentes estádios de maturação de acordo com a cor predominante do epicarpo, avaliada em um colorímetro digital (MINOLTA CHROMA METER CR-300), determinando os valores de L, A, B em que o índice de cor foi determinado pela fórmula $IC = (1000 \times A) / L \times B$, em que o L é a luminosidade, A é a variação entre a cor verde e a vermelha, e o B entre a cor azul e amarela. O índice de cor é um método utilizado para identificar numa escala de -20 a +20 a coloração da casca de frutos. O valor -20 representa a cor verde, o valor +20 representa a cor vermelha, e o valor zero representa a cor amarela (JIMENBEZ-CUESTA et al, 1983). Além do colorímetro, para a caracterização da cor do fruto foram utilizados a carta de cores para tecidos vegetais (MUNSELL COLOR CHARTS, 1977) e também os critérios determinados por Bovi et al (1998).

Germinação – quatro repetições de 25 sementes foram distribuídas sobre vermiculita, colocadas em caixas plásticas (18 x 7 x 12 cm), umedecidas com água com 60% da capacidade de retenção do substrato e, a seguir, mantidas em germinador tipo BOD a 20-30°C, com 8 horas de luz a cada 24 horas. A avaliação do teste foi semanal até o momento da estabilização da germinação das sementes, que ocorreu aos 70 dias após a semeadura. Com os resultados foram calculados o total de plântulas normais (em %), o índice de velocidade de germinação, IVG, (MAGUIRE, 1962) e o tempo médio de germinação das sementes (EDMOND; DRAPALA, 1965).

Viabilidade – foram avaliadas quatro repetições de 10 sementes, que foram imersas diretamente em água por um período de 24h a temperatura constante de 30°C. Posteriormente as sementes foram seccionadas longitudinalmente na região do opérculo, para a exposição do embrião e do endosperma; a parte da semente que continha o embrião foi mantida para avaliação e a outra parte foi descartada. A seguir, as partes das sementes com o embrião foram colocadas em recipientes plásticos e, então, imersas em solução de 0,2% de tetrazólio, durante 4h e mantidas no escuro a 40°C. Após o período de coloração, as sementes com embrião foram retiradas da solução de tetrazólio, lavadas em água corrente e mantidas submersas em água até o momento da avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis.

Raios X - foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, fixadas com fita adesiva, dupla face e transparente, sobre lâmina de acetato (210 mm x 297 mm). Para a obtenção das imagens o equipamento utilizado foi o "FAXITRON X-Ray", modelo MX-20 DC-12, com ajuste automático do tempo de exposição e da intensidade de raios X, conectado a um computador. As radiografias foram avaliadas por meio do índice RGB (*red, green and blue*), utilizando o programa Photoshop, com o intuito de relacionar a coloração das imagens com o teor de água e a viabilidade das sementes.

Peroxidação de lipídeos: foi determinada por meio da produção de metabólitos reativos ao ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), principalmente o malonaldeído (MDA), conforme indicaram Heath e Packer (1968). As amostras frescas das sementes foram maceradas com 1 mL de TCA 0,1% (ácido tricloroacético) e 20% de PVPP. Após homogeneização foram transferidas para tubos e centrifugadas a 10.000g durante cinco minutos; do sobrenadante foram retirados 250 μ L aos quais foram adicionados 1 mL de TCA 20% e TBA 0,5%. A mistura foi colocada a 95°C por 30 minutos e resfriada utilizando gelo. As amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 10.000 x g. Para a determinação foi utilizado um espectrofotômetro (535 nm e 600 nm). A quantidade de MDA foi expressa em nmol g^{-1} de matéria fresca.

Peróxido de hidrogênio: foi determinado por meio da reação com iodeto de potássio (KI), conforme descrito por Alexieva et al. (2001). As sementes foram maceradas em 1 mL de TCA 0,1%. Após homogeneização foram transferidas para tubos e centrifugadas a 10.000 x g por 15 minutos a 4°C; do sobrenadante foram retirados 200 μ L aos quais foram adicionados 200 μ L de tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,5) e 800 μ L de solução 1 M de KI. O branco consistiu da mesma mistura, porém, ao invés do sobrenadante da amostra, foram colocados 200 μ L de TCA 0,1%. Os tubos foram mantidos em gelo e permaneceram no escuro durante uma hora. Para a determinação foi utilizado um espectrofotômetro (390 nm). Os resultados foram expresso em g/L.

Para a análise estatística dos resultados do estudo do teste de tetrazólio, assim como avaliar as variáveis para o estudo do processo de maturação, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado e a comparação de médias pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

3.3. Resultados e Discussão

Os resultados dos teores de água dos frutos e das sementes (Tabela 4) variaram conforme os padrões de maturação das sementes citados por Carvalho e Nakagawa (2012), uma vez que os maiores valores foram determinados nas fases iniciais da formação dos frutos e das sementes e houve redução no momento da maturidade fisiológica das sementes. No entanto, após a maturidade fisiológica da semente não houve redução natural da quantidade de água, indicando que as sementes dessa espécie são recalcitrantes.

Essa mesma característica foi determinada em pesquisas com as sementes de outras espécies da família Arecacea como as de *Archontophoenix alexandrae* (Wendl. & Drude) estudadas por Martins et al. (2003), as da pupunheira inerme (*Bactris gasipaes*

Kunth) avaliadas por Bovi et al. (2004), as do palmitero vermelho (*Euterpe espirosantensis*) avaliadas por Martins et al. (2007) e as do açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) estudadas por Nascimento et al. (2007).

Com relação à massa de mil, tanto dos frutos como das sementes, houve relação direta entre a formação dessas estruturas e o aumento do peso dos frutos e o das sementes (Tabelas 4 e 5). Os resultados estatisticamente significativos foram determinados nos frutos colhidos a partir de 68 dias após a antese, que tinham 55% de água. As avaliações do comprimento e da largura dos frutos e das sementes colhidos aos 68 dias após a antese foram estatisticamente superiores.

O processo de formação das sementes é caracterizado por alterações dos diferentes parâmetros e a semente está formada quando atinge a maturidade fisiológica.

O ponto de maturidade fisiológica pode variar em função da espécie e do ambiente. A definição dos parâmetros de maturação é que permitem estabelecer a época adequada de colheita das sementes (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). Um dos principais indicativos de que as sementes estão formadas e que não dependem mais da planta de origem é o máximo acúmulo da matéria seca (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). As sementes da palmeira real australiana apresentaram resultados estatisticamente superiores em relação ao acúmulo da matéria seca aos 76 dias após a antese, não havendo acréscimos significativos a partir desse ponto (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Frutos da palmeira real australiana: resultados do teor de água (TA), massa de mil frutos (MMF), comprimento (C), largura (L) e massa seca (MS) de frutos em diferentes estádios de formação, ou seja, diferentes dias após a antese (DAA)

Estádio de Formação	TA (%) colheita	MMF (g) 51% água	C (mm)	L (mm)	MS (g)
45 DAA	71,4	139,44c	8,69d	6,50d	0,2172b
55 DAA	81,1	328,50b	11,80c	9,89c	0,5610b
68 DAA	55,0	1.100,27a	13,50a	12,08a	2,3337a
76 DAA	51,7	977,40a	12,31b	11,48b	2,4072a
85 DAA	50,4	994,30a	13,13a	12,23a	2,3505a
C.V.(%)	-----	-----	1,58*	1,51*	8,15*

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V (%) Coeficiente de variação

Tabela 5. Sementes da palmeira real australiana: resultados do teor de água (TA), massa de mil sementes (MMS), comprimento (C), largura (L) e massa seca (MS) em diferentes estádios de formação, ou seja, diferentes dias após a antese (DAA)

Estádio de Formação	TA (%) colheita	MMS (g) (42% água)	C (mm)	L (mm)	MS (g)
45 DAA	69,0	117,03c	8,31d	6,29d	0,2315c
55 DAA	78,7	270,77b	11,24c	8,71c	0,5660c
68 DAA	50,0	756,05a	12,84a	10,79a	2,0200b
76 DAA	41,1	793,10a	11,42c	10,25b	2,4960a
85 DAA	43,6	655,80a	12,29b	10,62ab	1,860b
C.V.(%)	-----	-----	0,96*	1,97*	12,51*

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A maturação das sementes das palmeiras é lenta e desuniforme e, de acordo com Lorenzi et al. (2004) os melhores resultados de germinação são encontrados com sementes oriundas de frutos maduros, já que a germinação de sementes de frutos imaturos é heterogênea e, em muitos casos, nem ocorre, especialmente quando o endosperma está aquoso ainda, ou seja, ainda não está formado.

Determinados autores justificaram que tal fato é devido à dureza e à espessura do mesocarpo e do endocarpo dos frutos e também à estrutura rudimentar do embrião, como foi constatado por Gentil e Ferreira (2005), Ferreira e Gentil (2006), Silva e Silva et al. (2006), Costa e Marchi (2008), Pimenta et al. (2010) e Fior et al. (2011).

Todavia, para Yokoo et al. (1991), os embriões das sementes de palmito juçara (*Euterpe edulis*) são rudimentares, mas completamente formados e são capazes de germinar na época da maturação dos frutos, a dificuldade de penetração de água é que aumenta o período para a germinação destas sementes.

Outro aspecto fundamental para a determinação da maturidade fisiológica é a germinação das sementes. Aos 45 dias e aos 55 dias após a antese (DAA), as sementes não germinaram e com isso os resultados de todas as variáveis foram nulos, inclusive os de viabilidade, obtidos por meio do teste de tetrazólio (Tabela 6).

A germinação das sementes da palmeira real australiana foi verificada pela primeira vez aos 68 dias após a antese (Tabela 6), assim como a viabilidade pelo teste de tetrazólio, valores correspondentes a 64%.

No entanto, na colheita aos 76 dias após a antese (Tabela 6) os resultados indicaram que as sementes tinham 80% de germinação e 84% de viabilidade, avaliada por meio do teste de tetrazólio. Nesse momento, o índice de velocidade de germinação das sementes foi superior ao das colhidas em outros momentos e o tempo médio de germinação

foi inferior, indicando que houve redução do tempo para a germinação das sementes. Dessa forma, em função desses resultados as sementes da palmeira real australiana atingiram a maturidade fisiológica aos 76 DAA.

Com relação aos frutos coletados aos 85 dias após a antese, não houve alteração da qualidade da semente, visto que os valores da germinação (76%) e da viabilidade (78%) não foram estatisticamente inferiores aos dos frutos coletados no estágio anterior (76 DAA). Apesar disso, os valores do índice de velocidade de germinação (1,39) e do tempo médio de germinação (51,35) diferiram estatisticamente em relação aos valores da colheita aos 76 dias após a antese, mostrando que a partir desse ponto houve redução da qualidade.

Tabela 6. Sementes da palmeira real australiana: resultados da germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e viabilidade pelo teste de tetrazólio (TZ) em diferentes estádios de formação, ou seja, diferentes dias após a antese

Estádio de Formação	G (%)	IVG (%)	TMG (%)	TZ (%)
45 DAA	0c	0c	0 c	0c
55 DAA	0c	0c	0 c	0c
68 DAA	64b	1,30b	47,5b	64b
76 DAA	80a	1,80a	37,7a	84a
85 DAA	76a	1,39b	51,3b	78a
C.V.(%)	8,78*	16,40*	13,74*	8,34*

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

Os estádios de maturação dos frutos da palmeira real australiana foram determinados, também, pela variação da cor do epicarpo (Tabela 7). Esse parâmetro foi avaliado de duas formas: uma utilizando o colorímetro digital e a outra a carta de cores para tecidos vegetais (MUNSELL COLOR CHARTS, 1977). Paralelamente foram utilizados os critérios propostos por Bovi et al (1998), relacionados à coloração do epicarpo, como a caracterização da cor vermelha brilhante.

Tabela 7. Resultados das determinações das cores do epicarpo dos frutos da palmeira real australiana utilizando o colorímetro digital e a carta de cores para tecidos vegetais

Estádio de formação	Colorímetro	Carta de cores para tecidos vegetais
45 DAA	-10,42cd	7.5 GY 6/6 esverdeado verde-amarelo
55 DAA	-15,13d	7.5 GY 6/6 esverdeado verde-amarelo
68 DAA	-0,62c	7.5 YR 7/6 amarelo amarelo-vermelho
76 DAA	20,16b	10.R 6/8 vermelho amarelo-avermelhado
85 DAA	59,5a	5.R 4/10 vermelha
C.V. (%)	47,09*	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$).

Os resultados relacionados aos estádios iniciais de maturação (45 e 55 DAA) não apresentaram diferenças significativas, quando avaliados utilizando o colorímetro digital e foram similares aos determinados por meio da carta de cores para tecidos vegetais, as colorações determinadas foram 7.5 GY 6/6 esverdeada verde amarela (Figuras 6.A e 6.B).

A classificação da cor dos frutos utilizando o colorímetro, que foi sugerida por Jimenez-Cuesta et al. (1983), determina os valores da luminosidade (L), as variações entre as cores verde e a vermelha (A) e as variações entre as cores azul e a amarela (B) e, posteriormente, é calculado o índice de cor $IC = (1000 \times A) / L \times B$. Esses valores têm variação entre -20 a +20, sendo o valor -20 verde, +20 vermelha e o zero representa a cor amarela.

No estágio de maturação correspondente aos 68 dias após a antese os frutos apresentaram coloração 7.5YR 7/6 amarelo amarelo-vermelho, quando avaliados utilizando a carta de cores para vegetais (MUNSELL COLOR CHARTS, 1977) e -0,62 para o índice de coloração determinado no colorímetro, ou seja, aproximando do zero, o que corresponde à cor amarela (Figura 6.C).

A partir dos 76 DAA, os resultados obtidos no colorímetro foram positivos, próximos e até superiores a +20, caracterizando a cor vermelha. De acordo com a carta de cores para vegetais (MUNSELL COLOR CHARTS, 1977), aos 76 dias após a antese a coloração dos frutos foi classificada como 10R 6/8 vermelha amarela-avermelhada (Figura 7.A) e a leitura do colorímetro foi +20,16.

No último estágio de maturação (85 dias após a antese) a determinação da cor utilizando o colorímetro correspondeu ao índice de cor +59,5 e por meio da carta de cores para vegetais (MUNSELL COLOR CHARTS, 1977) a cor foi a vermelha (Figura 7.B).

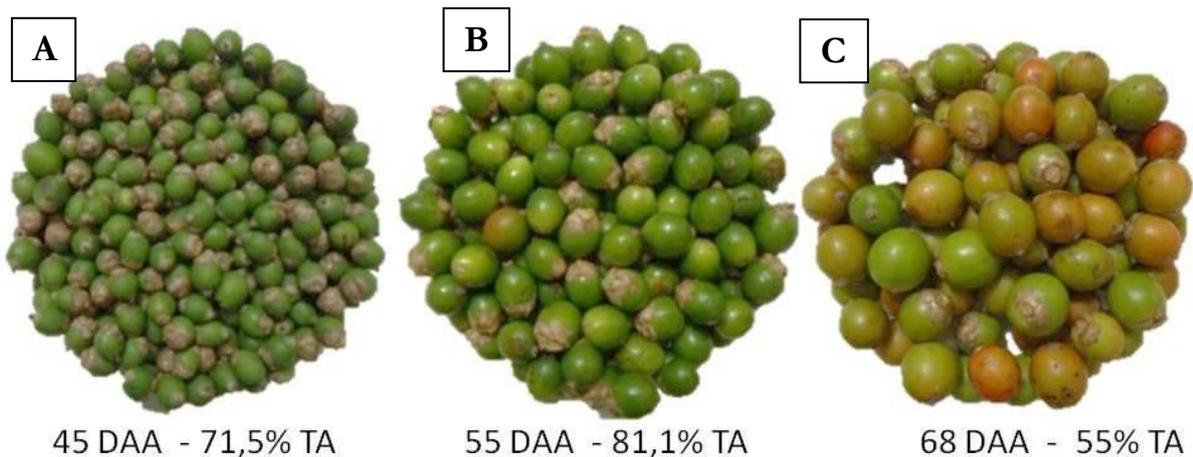


Figura 6. Imagens fotográficas dos frutos da palmeira real australiana, colhidos: (A) aos 45 dias após a antese - DAA (71,5% de água), (B) aos 55 DAA (81,1% de água) e (C) aos 68 DAA (55,0% de água)

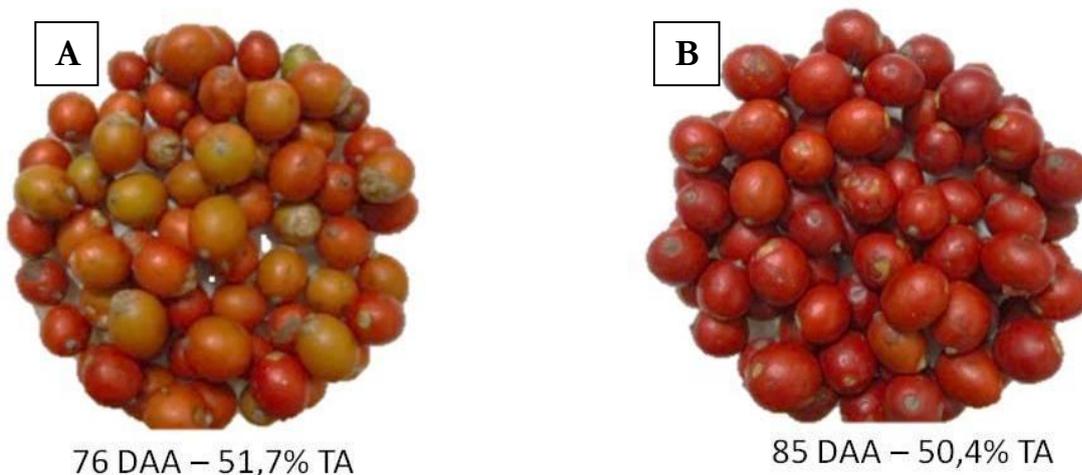


Figura 7. Imagens fotográficas dos frutos da palmeira real australiana colhidos: (A) aos 76 dias após a antese - DAA (51,7% de água) e (B) aos 85 DAA (50,4% de água)

Na Tabela 8 estão apresentados os valores da peroxidação lipídica nos diferentes estádios de formação das sementes. Uma forma de determinar o nível de maturidade das sementes é avaliar o nível de oxidação dos lipídios das membranas. Tal parâmetro é determinado pela análise da peroxidação lipídica, estimada pelos subprodutos tóxicos como, por exemplo, malonaldeído (MDA) que são formados durante a deterioração das sementes.

As sementes colhidas nos estádios de maturação correspondentes aos 45, aos 76 e aos 85 DAA (Tabela 8) apresentaram resultados estatisticamente superiores de peroxidação lipídica, com valores que não diferiram estatisticamente entre si. Essa elevada peroxidação lipídica danifica a capacidade seletiva das membranas devido à ação de radicais livres, que agem sobre ácidos graxos poliinsaturados. Esse rompimento da estrutura fosfolipídica das membranas afeta diretamente o vigor das sementes (McDONALD, 1999).

Os resultados obtidos para as sementes da palmeira real australiana aos 76 e aos 85 DAA indicaram resultados estatisticamente superiores de peroxidação lipídica e resultados estatisticamente superiores para a germinação das sementes (Tabela 6) sugerindo que, talvez, essa determinação não seja adequada para avaliar a formação das sementes.

Os valores determinados nas análises relativas à avaliação do peróxido do hidrogênio (Tabela 8) possibilitaram determinar as diferenças entre os estádios de formação dos frutos e das sementes da palmeira real australiana, sendo que no ponto de maturidade fisiológica os resultados apresentaram valores estatisticamente inferiores aos do início do processo de maturação.

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é considerado como espécie reativo de oxigênio e a sua produção em excesso está ligada diretamente ao processo de deterioração das sementes, limitando o seu desenvolvimento (CARVALHO et al. 2009, FORMAN et al. 2010). Nos resultados dessa pesquisa, as quantidades estatisticamente superiores de peróxido de hidrogênio relacionaram-se com as sementes imaturas e, dessa forma, a determinação deste composto poderá ser utilizada para complementar a caracterização da maturidade fisiológica das sementes da palmeira australiana.

Tabela 8. Sementes da palmeira real australiana: resultados da composição química (peroxidação dos lipídeos; peróxido do hidrogênio) em diferentes estádios de formação, ou seja, diferentes dias após a antese (DAA)

Estádio de Formação	Peroxidação dos Lipídeos	Peróxido do Hidrogênio
45 DAA	45,96a	217,6a
55 DAA	37,73b	114,6b
68 DAA	1,44c	55,42cd
76 DAA	51,97a	63,66c
85 DAA	47,03a	33,78d
CV.(%)	8,84*	13,26*

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$)

A relação entre o teor de água das sementes da palmeira real australiana e o tempo de secagem pelo método utilizado (Figura 8) mostra que os valores obtidos com a determinação em estufa foram próximos aos calculados previamente, indicando a eficiência do método empregado para o controle da secagem das sementes da palmeira real australiana.

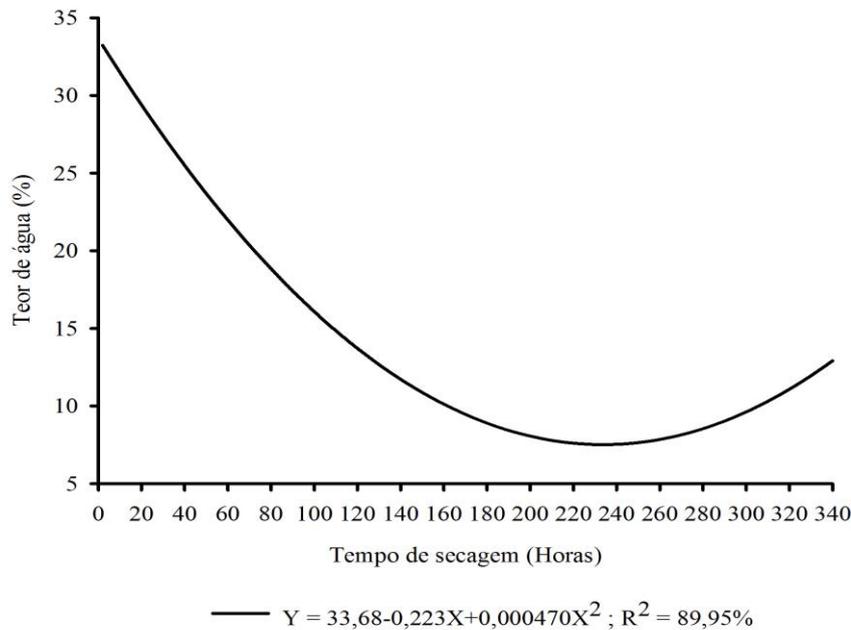


Figura 8. Curva de secagem de sementes de palmeira australiana durante diferentes tempos de secagem a $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

A secagem foi em estufa, pelo método lento, conforme sugerido por Pammenter et al. (1998), e foram necessárias 340 horas para que houvesse a redução do teor de água inicial das sementes de 44% para 10%.

A desidratação acentuou o processo de deterioração das sementes, no entanto, essa deterioração não foi imediata. A redução da quantidade de água nas sementes até 25% não causou redução da qualidade, quando se avalia a germinação das sementes (Tabela 9). A partir de 20% de água ocorre intensa redução da germinação e com 15% de água há a redução acentuada, causando a morte das sementes que têm 10% de água. Em outro trabalho, foi detectado que sementes de açaí, também da família Arecacea, não germinaram quando tinham 15% de água (NASCIMENTO, et al., 2007).

Resultado similar foi encontrado quando a qualidade das sementes foi avaliada pelo teste de tetrazólio, pelo índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação (Tabela 9), que também apresentaram resultados estatisticamente superiores até 25% de

água, não diferindo estatisticamente do controle, ou seja, sementes recém-colhidas, com teor de água inicial de 44% e morte das sementes com 10% de água, com germinação nula.

O padrão de cores RGB usa um sistema de coordenadas cartesianas cujo subespaço de interesse é um cubo. Na origem (0, 0, 0) está a cor preta e quando todas as bandas atingem o seu valor máximo (255, 255, 255) corresponde à cor branca. Na diagonal que une a origem com o ponto máximo, estão os níveis de cinza (DELL'AQUILA, 2006).

Os valores de RGB (Tabela 9) correspondentes aos teores de água de 44, 40, 35 e 30% foram estatisticamente similares. Os valores próximos a 255 (Figura 8 – A, B, C, D), indicam que as imagens eram mais claras devido ao maior teor de água dos tecidos. A partir de 25% de água houve redução estatisticamente significativa dos valores e, na medida em que houve a redução do teor de água (Figura 8 – E, F, G, H), há espaços vazios em função da desidratação dos tecidos do embrião e do endosperma.

Tabela 9. Sementes da palmeira real australiana com diferentes níveis de desidratação: resultados do teste de germinação (TG), teste de tetrazólio (TZ), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e índice RGB

Teor de água	TG	TZ	IVG	TMG	RGB
44%	83a	83a	1,946a	42,35a	187,40a
40%	84a	80a	2,003a	39,80a	188,20a
35%	84a	80a	2,039a	41,45a	187,85a
30%	78a	75a	1,923a	40,60a	182,35ab
25%	76a	73a	1,690a	46,55ab	175,35bc
20%	52b	43b	1,057b	50,50 b	169,65c
15%	11c	23c	0,217c	51,55 b	167,70c
10%	0c	0d	0,000d	0,00c	166,70c
CV(%)	10,11*	8,79*	11,62*	6,78*	2,31*

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,01$)

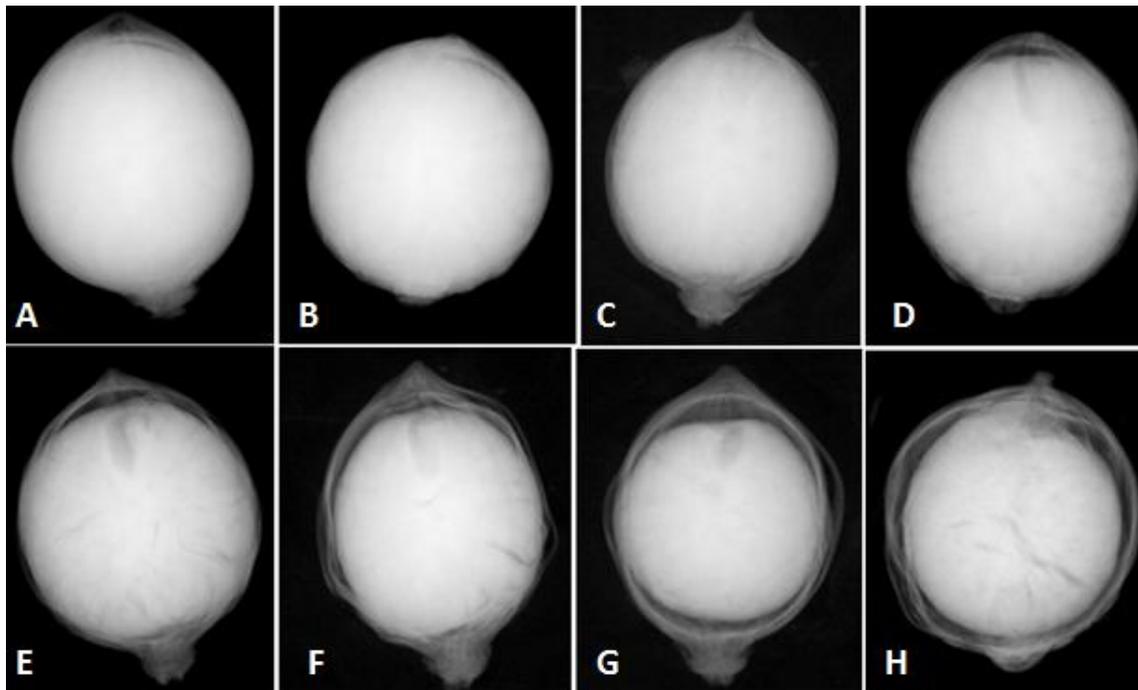


Figura 9. Imagens das radiografias das sementes da palmeira real australiana com diferentes teores de água: 44% (A), 40% (B), 35% (C), 30% (D), 25% (E), 20% (F), 15% (G) e 10% (H)

O ponto de maturidade fisiológica, ou seja, o momento ideal para a colheita dos frutos da palmeira real australiana, visando à manutenção da qualidade das sementes, pode ser caracterizado de acordo com os seguintes parâmetros físicos:

- 51,7% de água dos frutos e 41,1% das sementes, correspondentes aos 76 dias após a antese (DAA);

- massa de mil frutos de 977,4g e das sementes 793,1g

- comprimento dos frutos de 12,13cm e das sementes de 11,42cm

- largura dos frutos de 11,48cm e das sementes de 10,25cm

- massa seca dos frutos 2,40g e das sementes de 2,49g.

- a cor do epicarpo dos frutos, avaliada por meio do colorímetro, corresponde ao índice +20,16 e, por meio da carta de cores para vegetais, a 10.R 6/8 vermelha amarela-avermelhada.

Os parâmetros fisiológicos também podem caracterizar a formação das sementes, sendo eles:

- a germinação e a viabilidade das sementes, cujos valores máximos foram determinados aos 76 dias após a antese, o índice de velocidade de germinação de 1,80 e o tempo médio de germinação de 27,70 dias.

- a secagem até níveis de 25% de água não é prejudicial para a qualidade das sementes da palmeira real australiana. A partir de 20% de água há a redução progressiva da germinação das sementes e quando atingem 10% de água as sementes não germinam.

Dessa forma, as sementes da palmeira real australiana são classificadas como recalitrantes.

3.4. Conclusões

As sementes da palmeira real australiana atingem a maturidade fisiológica quando têm 41% de água, correspondente à colheita aos 76 DAA, a massa seca corresponde a 2,49g e os frutos têm coloração 10.R 6/8 vermelha amarela-avermelhada.

A secagem das sementes até 25% de água não causa interferência negativa e imediata na qualidade das sementes da palmeira real australiana, no entanto, a partir de 20% de água há redução e com 10% de água as sementes não germinam.

Referências

- ALEXIEVA, V., I. SERGIEV, S. MAPELLI, E. KARANOV. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell e Environment**, v. 24, p. 1337-1347, 2001.
- ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Comportamento de armazenamento de sementes de palmito (*Euterpe edulis* Mart.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.10, p.987-991, 1997.
- BOVI, M.L.A. Cultivo da palmeira real australiana visando à produção de palmito. Campinas: **Instituto Agrônomo de Campinas**, 1998. 26p. (Boletim Técnico, 172.
- BOVI, M.L.A.; MARTINS, C.C.; SPIERING, S.H. Desidratação de sementes de quatro lotes de pupunheira: efeitos sobre a germinação e o vigor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 109–112, jan-mar 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.
- CARVALHO, N.M.D. NAKAGAWA, J. 2012. Sementes - ciência, tecnologia e produção. **FUNEP**, Jaboticabal.
- CARVALHO, L. F.; SEDIYAMA, C. S.; REI, S. M. S.; DIAS, D. C. F. S.; MOREIRA, M.A. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 41, n.1, p. 9-17, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: **FUNEP**, 2000. 588 p.

- COSTA, C. J.; MARCHI, E. C. S. Germinação de sementes da palmeira com potencial para produção de agronegócios. Informativo **ABRATES**, v.18, n. 1,2,3 p. 39-50, 2008.
- CROMARTY, A.S.; ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Design of seed storage facilities for genetic conservation. Rome: **IPGRI**, 1985. 100p.
- DELL'AQUILLA, A. **Seed Science and Technology**, v. 34, p. 609-619, 2006.
- DELOUCHE, J.C. Seed maturation. In:_____. **Handbook of seed technology**. Starkville: Mississippi State University, 1981. p. 17-23.
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra see d. **Proceedings of the American Journal Society for Horticultural Science**, v, 71, p.428-434.
- FARRANT, J.M., PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. **Seed Science and Technology**. v. 16, p. 155-166, 1988.
- FERREIRA. S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta amazônica**, v. 36, p. 141-146, 2006.
- FIOR, C. S.; RODRIGUES, L. R.; LEONHARDT, C.; SCHWARZ, S. F. Superação de dormência em sementes de *Butia capitata*. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1150-1153, 2011.
- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. **Biochemistry**, v. 49, n. 5, p. 835-842, 2010.
- GENTIL, D. F. O.; FERREIRA. S. A. N. Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae). **Acta amazônica**, v. 35, p. 337-342, 2005.
- HEATH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry Biophysics**, v. 125, p. 2141-2145, 1968.
- HENDERSON, A.; MEDEIROS-COSTA, J. T. de. Arecaceae. In: BARBOSA, M. R. de V. et al. (org.). **Checklist das plantas do nordeste brasileiro: angiosperma e gymnospermas**. Brasília, Ministério de Ciências e Tecnologia, 2006.
- JIMENEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J. C.; MARTINEZ-JAVEGA, J. M. Teoría y práctica de la desverdización de lós cítricos. 22p. 1983, **INIA**, hoje técnica 46.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. Palmeiras brasileiras e exóticas e cultivadas. Nova Odessa. **Instituto Plantarum**, 2004. 416 p.
- MAGUIRE, J.D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, 2(2):176-177.
- MARTINS, C.C.; BOVI, M.L.A.; NAKAGAWA, J. Desiccation effects on germination and vigor of King palm seeds. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 88–92, março 2003.

- MARTINS CC; BOVI MLA; NAKAGAWA J. Qualidade fisiológica de sementes de palmitero-vermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira** 25: 188-192, 2007.
- McDONALD, M.B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 177--237, 1999.
- MIRANDA, I.P.A.; RABELO, A. Guia de Identificação das Palmeiras de Porto Trombetas - PA. Manaus: **INPA**, 2008. 365p.
- MUNSELL COLOR CHARTS. **Munsell color charts for plant tissues**. 1977. New York.
- NASCIMENTO, W. M. O.; NOVENBRE, A. D. L.; CÍCERO, S. M. Consequências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p.38-43, 2007.
- PAMMENTER, N.W.; GREGGAINS, V.; KIOKO, J.I.; WESLEYSMITH, J.; BERJAK, P. Effects of differential drying rates retention of *Ekebergia capensis*. **Seed Science Research**, v.8, n.4, p. 463-471, 1998.
- PIMENTA, R. S.; LUZ, P. B.; PIVETTA, K. F. L.; CASTRO, A.; PIZETTA, P. U. C. Efeito da amturação e temperatura na germinação de sementes de Phoenix canariensis hort. ex Chabaud – ARECACEAE. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.31-38, 2010.
- PINÃ-RODRIGUES, F. C. M.; AGUIAR, I. B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. Sementes florestais tropicais. Brasília: **ABRATES**, 1993. p. 215-274.
- PIVETTA, K. F. L. BARBOSA, J. G.; ARAÚJO, E. F. Propagação das palmeiras e estrelitzias. In: BARBOSA, J.G.; LOPES, L.C. **Propagação de plantas ornamentais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. p.43-70.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, p. 499-514, 1973.
- SILVA E SILVA. B. M.; CESARINO, F.; LIMA, J. D.; PANTOJAS, T. F.; MÔRO, F. V. Germinação de sementes e emergência de plântulas de Oenocarpus minor Mart. (ARECACEAE). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 289-292, 2006.
- YOKOO, E.Y.; RAMOS, L.C.S.; BOVI, M.L. Cultura de tecidos de híbridos e espécies de palmitero no Instituto Agrônômico. **Boletim Científico do Instituto Agrônômico**, Campinas, n. 25, p.24, 1991.

4. PARÂMETRO FISIOLÓGICO DURANTE O ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DA PALMEIRA REAL AUSTRALIANA

RESUMO

Uma espécie da família das arecaceas que está em destaque atualmente é a palmeira real australiana (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude), devido ao potencial ornamental e o para o cultivo da planta para a extração do palmito. porém as informações sobre o cultivo dessa planta são incipientes e em função das sementes serem recalcitrantes há limitação da disponibilidade destas sementes. dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a qualidade das sementes da palmeira real australiana colhidas em dois estádios de maturação das sementes e mantidas em dois ambientes de armazenamento. as sementes foram armazenadas em sacos de polietileno, com espessura de 0,20mm, em câmara fria (temperatura 10°C e umidade relativa de 80%) e em ambiente não controlado durante cinco meses. a cada 30 dias as amostras de sementes foram retiradas para a realização das seguintes análises: teor de água, teste de germinação (germinação, índice de velocidade de germinação e tempo médio de germinação), tetrazólio e raios x. a utilização de embalagens de polietileno mantém o teor de água das sementes independentemente do estágio de maturação (76 e 85 daa) e, ou, do ambiente de armazenamento (ambiente não controlado e controlado, 10°C e 80% de ur), requisito favorável para a conservação das sementes recalcitrantes. a avaliação da qualidade das sementes indicou que o armazenamento das sementes no estágio de maturação 1 (76 daa) e em ambiente controlado favoreceu a germinação, o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação, sem iniciar o processo de germinação dentro da embalagem, até 150 dias de armazenamento. **Palavras-chave:** conservação; Arecacea; *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, qualidade.

Palavras-chave: conservação Arecacea; *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, qualidade.

ABSTRACT

A species of the Arecaceae family that stands out today is the Australian royal palm (*Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude), due to the ornamental potential and to the cultivation of the plant for palm heart extraction. However the information about the cultivation of this plant is incipient and because the seeds are recalcitrant there is limitation of the availability of these seeds. Thus, the objective of this research was to evaluate the quality of Australian royal palm seeds harvested at two stages of seed maturation and maintained in two storage environments. The seeds were stored in polyethylene bags, with a thickness of 0.20mm, in a cold room (temperature 10 ° C and relative humidity 80%) and in an uncontrolled environment for five months. The germination test (germination rate, germination rate and average germination time), tetrazolium and X-rays were taken every 30 days for the following analyzes: the use of polyethylene packages Maintains the water content of the seeds independently of the maturation stage (76 and 85 DAA) and, or, of the storage environment (uncontrolled and controlled environment, 10 ° C and 80% RH), a favorable requirement for the conservation of seeds Recalcitrant Seed quality evaluation indicated that seed storage at maturation stage 1 (76 DAA) and in controlled environment favored germination, germination speed index and mean germination time, without initiating the germination process within the Packaging, up to 150 days of storage.

Keywords: conservation, Arecacea; *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, quality.

4.1. Introdução

O Brasil tem número expressivo de palmeiras nativas que são utilizadas na ornamentação e também para a extração do palmito. No entanto, atualmente há a difusão de palmeiras exóticas no país. Dentre as espécies exóticas utilizadas, a palmeira real australiana (*Archontophoenix cunninghamiana*) H. Wendl. & Drude) é frequentemente utilizada nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, tanto para o paisagismo em praças jardins e em arborização urbana (LORENZI et al., 2004), como para a extração de palmito em substituição à exploração predatória das plantas de espécies como *Euterpe edulis* (CHARLO et al., 2006).

A conservação de sementes de palmeira é um desafio para os pesquisadores da área de Tecnologia de Sementes, já que as sementes destas espécies são classificadas como recalcitrantes, ou seja, são sensíveis à desidratação e não resistem ao armazenamento em temperaturas inferiores a 5°C. Essas características impedem ou dificultam o armazenamento por longos períodos, sendo a perda rápida da viabilidade um processo inevitável (ROBERTS, 1973; HONG e ELLIS, 1996; FONSECA e FREIRE, 2003).

A tolerância à desidratação, assim como a temperatura ideal para o armazenamento são variáveis de acordo com a espécie da semente, no entanto, valores inferiores a 20% de água e as temperaturas inferiores a 15°C são prejudiciais às sementes recalcitrantes (PAMMENTER e BERJAK, 1999).

Sementes do gênero *Euterpe*, por exemplo, precisam ser acondicionadas em embalagens impermeáveis, como sacos plásticos, para evitar a desidratação progressiva e a consequente perda da viabilidade, e mantidas em temperatura entre 5 e 20°C (BOVI et al., 1987; NODARI et al., 1998; MARTINS et al., 2000). No entanto, tais condições são propícias para a proliferação de microrganismos e até mesmo para a germinação das sementes ainda na embalagem. No entanto, mesmo em tais condições há redução da viabilidade das sementes, como é o caso das sementes do palmito vermelho (*Euterpe espirosantensis*) estudada por MARTINS et al., 2000.

O conhecimento do armazenamento das sementes recalcitrantes pode contribuir significativamente para o estabelecimento da conservação de uma espécie em bancos de sementes, permitindo a conservação do germoplasma e auxiliando na produção de sementes.

Devido a crescente importância dessa espécie no Brasil, aliado a escassez de informações para a conservação das sementes, o objetivo dessa pesquisa foi estudar o armazenamento de sementes da palmeira real australiana.

4.2. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Produção Vegetal, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP.

Foram avaliadas sementes de dois estádios de maturação (76 e 85 dias após a antese) de *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude, oriundas de 15 diferentes plantas, localizadas no Campus “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, no município de Piracicaba, SP (47° 38', 22° 42' 30" e 546 metros de altitude).

Para a colheita dos frutos, os cachos foram cortados com uma tesoura de poda e, em seguida, transportados em sacos plásticos fechados, até o laboratório de Análise de Sementes. Posteriormente, os frutos foram destacados manualmente dos cachos e foi realizada a despolpa, que consistiu na retirada do epicarpo e do mesocarpo por meio de fricção sobre peneira de malha de aço; em seguida, as sementes foram lavadas em água corrente para a retirada do excesso de resíduos e secas à sombra por 24 horas.

A seguir as sementes foram acondicionadas em sacos de polietileno, com 0,20mm de espessura e, em seguida, mantidas em sala de ambiente não controlado, com média de temperatura de 24,1°C e umidade relativa do ar de 62,6%, entre os meses de julho a dezembro de 2014 em Piracicaba – SP, e em ambiente controlado, com temperatura de 10°C e umidade relativa do ar de 80%, durante o mesmo período, e a cada 30 dias foram retiradas amostras para a realização das seguintes análises:

- Teor de água: determinado pelo método da estufa a 105±3°C por 24 h (BRASIL, 2009a), utilizando quatro repetições de cinco sementes. Os resultados foram expressos em porcentagem de água, base úmida.

-Teste de germinação: conduzido em substrato vermiculita (de granulometria média) em caixas plásticas (18 x 7 x 12 cm), com quatro repetições de 25 sementes, em germinadores tipo BOD com temperatura alternada 20-30°C (MARTINS et al. 2011, MARTINS et al. 2007, BOVI et al. 2004, MARTINS et al. 2003; ANDRADE et al. 1999), com 8 horas diárias de luz. As avaliações dos testes foram semanais até a estabilização da germinação das sementes, aos 70 dias após a instalação do teste. Com os resultados foram calculados o total de plântulas normais (em %), o índice de velocidade de germinação, IVG, (MAGUIRE 1962) e o tempo médio de germinação das sementes, em dias, conforme indicado por Edmond e Drapala (1965).

- Testes de tetrazólio: foram avaliadas quatro repetições de 10 sementes, que foram imersas em água por um período de 24h a temperatura constante de 30°C. Posteriormente as sementes foram seccionadas longitudinalmente na região do opérculo para exposição dos tecidos internos, sendo metade descartada e a outra metade que

contém o embrião mantida sobre o papel de filtro, umedecido com água destilada, dentro de caixas plásticas, até completar o número necessário para essa análise. Posteriormente as sementes com embrião foram colocadas em recipientes plásticos e, em seguida, imersas em solução de 0,2% de tetrazólio, durante 4h e mantidas no escuro a 40°C. Após o período de coloração, as sementes com embrião foram retiradas da solução de tetrazólio, lavadas em água corrente e mantidas imersas em água até o momento da avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis.

- Sanidade: foram avaliadas quatro repetições de cinco sementes, distribuídas em caixas plásticas (11 x 11 x 3,5 cm) sobre três folhas de papel filtro previamente umedecidas com água destilada. A incubação foi realizada em câmara a 20 + 2°C, com regime alternado de 12 horas de luz por 12 horas de escuro (BITENCOURT e HOMECHIN, 1998), com lâmpada fluorescente, durante sete dias. Após o período de incubação foram realizadas avaliações da incidência de fungos, individualmente em todas as sementes, por meio de observações morfológicas dos microrganismos no microscópio estereoscópio (ampliação de 50 a 60 vezes) e por comparação com a literatura (BRASIL, 2009b).

- Raios X: foram avaliadas quatro repetições de 10 sementes; as sementes foram colocadas sobre fita adesiva, dupla face transparente, e coladas sobre lâmina de acetato (210 mm x 297 mm). Para a radiografia, a lâmina de acetato com as sementes fixadas foi colocada no interior do equipamento "FAXITRON X-Ray", modelo MX-20 DC-12, com ajuste automático do tempo de exposição e da intensidade de raios X, conectado a um computador. As radiografias das sementes foram gravadas em pasta específica do disco rígido do computador para a avaliação das estruturas internas posteriormente.

Para a análise estatística foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, empregando o esquema fatorial (5x4) e a comparação de médias pelo teste de Tukey (5% probabilidade). As radiografias foram avaliadas por meio do índice RGB (*red, green and blue*), utilizando o programa Photoshop.

4.3. Resultados e Discussão

Durante o armazenamento o teor de água das sementes da palmeira real australiana manteve-se próximo aos valores iniciais, ou seja, das sementes recém-colhidas, 48% para o estágio 76 DAA e 45% para o estágio 85 DAA (Tabela 10). Assim, a embalagem utilizada (saco de polietileno com 0,20 mm de espessura) foi suficiente para manter o teor de água das sementes, independentemente do ambiente de armazenamento e do estágio de maturação das sementes. Dessa forma, quando as sementes foram imersas em água

para facilitar o corte para a realização do teste de tetrazólio, o teor de água também não apresentou variação.

Luz e Pivetta (2010) trabalharam com sementes da mesma espécie, em um único estádio de maturação e um único ambiente de armazenamento (câmara fria $10\pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 62 a 65%) e observaram que o teor de água inicial das sementes, que era de 35%, não se alterou até os 5 meses de armazenamento. No entanto, após 7 meses de armazenamento houve redução para 23%, com posterior aumento para 45% aos 8 meses de armazenamento, finalizando com 30% de água após 11 meses de armazenamento. De forma similar ao teor de água, a germinação até 5 meses de armazenamento não apresentou redução significativa (90%). No entanto a partir de 6 meses houve redução contínua, sendo que com 11 meses de armazenamento a germinação foi 50% (LUZ e PIVETTA 2010).

Tabela 10. Sementes da palmeira real australiana: resultados dos teores de água inicial das sementes (TAI) e após a imersão em água (TAAI) referente às colheitas aos 76 DAA e aos 85 DAA e ao armazenamento em ambiente não controlado (NC) e em ambiente controlado (Cont), avaliadas em cinco épocas de armazenamento

Época	TAI(%)					TAAI (%)				
	30	60	90	120	150	30	60	90	120	150
	Dias									
76DAA - NC	45,9	47,5	46,5	**	**	46,7	48,3	48,1	**	**
76DAA - Cont	45,0	47,1	47,6	46,3	48,5	45,1	47,8	48,7	47,6	40,0
85DAA - NC	46,0	46,8	44,9	45,9	45,2	46,7	47,4	46,3	47,2	47,0
85DAA - Cont	45,8	45,7	45,9	46,3	46,0	46,4	46,7	49,1	47,1	47,3

** As sementes germinaram ainda na embalagem

As sementes no estádio de maturação 1 (76 DAA) em ambiente não controlado (ambiente 1) mantiveram a porcentagem de germinação até 120 dias de armazenamento (81%), apresentando redução nítida da germinação a partir dos 150 dias de armazenamento (44%) (Tabela 11). As sementes nesse estádio de maturação (1) armazenadas em ambiente não controlado germinaram ainda na embalagem após 120 dias de armazenamento.

Para o mesmo estádio de maturação (1) as sementes armazenadas em ambiente controlado, 10°C e 80 UR%, (ambiente 2) não germinaram e os resultados não tiveram variação estatística significativa, mantendo a germinação até os 150 dias de armazenamento, além disso, para as sementes colhidas nesse estádio de maturação e armazenadas em temperatura controlada não houve germinação da semente no interior da embalagem (Tabela 11).

Os resultados relacionados às sementes colhidas no estágio de maturação 2 (85 DAA) e armazenadas em ambiente não controlado, foram similares aos das sementes colhidas no estágio de maturação 1 também em ambiente não controlado, ou seja, as sementes mantiveram a germinação até os 120 dias de armazenamento e aos 150 dias houve redução da germinação. No entanto, as sementes colhidas nesse estágio de maturação não germinaram dentro da embalagem (Tabela 11).

Tal situação ocorreu pela junção de dois fatores imprescindíveis para a germinação das sementes, já que o primeiro requisito para a germinação é a disponibilidade de água no substrato e, ou, nas sementes para que haja a reativação do metabolismo, seguido pela exposição à temperatura para que ocorra a germinação (BASKIN e BASKIN, 1998).

Dessa forma, o teor de água com que as sementes foram armazenadas, 48% para o estágio 76 DAA e 45% para o estágio 85 DAA, aliado à temperatura ambiente, que entre os meses de julho a dezembro de 2014 em Piracicaba foi em média de 24,1°C próximas à temperatura ideal de germinação, que é 20-30°C alternada, aos 120 dias após o armazenamento, as sementes germinaram no interior da embalagem. por outro lado, essas considerações são válidas para as as sementes armazenadas em ambiente controlado, ou seja, com temperatura constante de 10°C, pois em tal temperatura as sementes mantiveram a qualidade.

De forma semelhante, as sementes do estágio 2, quando armazenadas em temperatura controlada, também não tiveram alteração da germinação até os 150 dias de armazenamento, não diferindo estatisticamente entre si. Assim, é possível verificar que o ambiente de armazenamento teve maior influência na qualidade das sementes durante o armazenamento do que o estágio de maturação (Tabela 11).

Com relação ao tempo de armazenamento, até 90 dias após o armazenamento não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 11), independentemente da época de maturação ou do ambiente de armazenamento, já que as médias não variaram estatisticamente entre si. A partir dos 120 dias, os tratamentos com sementes do estágio 2 de maturação apresentaram resultados estatisticamente inferiores da germinação, com evidência quando armazenada em ambiente de temperatura controlada. No entanto, aos 150 dias para as sementes de ambos os estágios de maturação (1 e 2) porcentagens germinação foi estatisticamente inferior quando armazenadas em ambiente não controlado.

Tabela 11. Sementes da palmeira real australiana: resultados do teste de germinação referente às colheitas aos 76 DAA e aos 85 DAA e ao armazenamento em ambiente não controlado (NC) e em ambiente controlado (Cont), avaliadas em cinco épocas de armazenamento

Época	Germinação (%)				
	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
76DAA - NC	75aA	79aA	73aA	81abA	44bB
76DAA - Cont	65aB	75aAB	65aB	86aA	74aAB
85DAA - NC	67aA	71aA	72aA	71bcA	54bB
85DAA - Cont	67aA	70aA	68aA	68cA	68aA
CV(%)	9,03*				

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, e mesmas letras maiúsculas, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

Os resultados do teste de tetrazólio, para verificar a viabilidade das sementes (Tabela 12) indicaram que os resultados das sementes colhidas no estágio 1 de maturação e armazenadas em ambiente não controlado, foram similares aos do teste de germinação, comprovando que o método proposto para o teste de tetrazólio foi adequado.

Por outro lado, não foi possível avaliar a viabilidade das sementes nos períodos de armazenamento de 120 e 150 dias em ambiente não controlado porque as sementes germinaram no interior das embalagens. O mesmo ocorreu para as análises de índice de velocidade de germinação (Tabela 13) e o tempo médio de germinação (Tabela 14).

Os resultados do teste de tetrazólio para os demais tratamentos foram também semelhantes aos do teste de germinação.

De acordo com Hong e Ellis (2003), para conservar a viabilidade das sementes recalcitrantes o teor de água das sementes deve ser mantido próximo aos níveis em que foram colhidas. As prováveis condições de armazenamento devem evitar ou minimizar a perda de água, assim como, o ambiente com umidade relativa alta previne a desidratação.

Tabela 12. Sementes da palmeira real australiana: resultados do teste de tetrazólio referente às colheitas aos 76 DAA e aos 85 DAA e ao armazenamento em ambiente não controlado (NC) e em ambiente controlado (Cont), avaliadas em cinco épocas de armazenamento

Época	Viabilidade (%)				
	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
76DAA - NC	73aA	68aAB	75aA	**	**
76DAA - Cont	68aAB	68aAB	63aB	73aA	58aB
85DAA - NC	68aAB	63aAB	70aAB	75aA	60aB
85DAA - Cont	70aA	68aAB	70aA	65aA	68aA
C.V.(%)	11,12*				

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, e mesmas letras maiúsculas, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

** As sementes germinaram ainda na embalagem

Tabela 13. Sementes da palmeira real australiana: resultados do índice de velocidade de germinação referente às colheitas aos 76 DAA e aos 85 DAA e ao armazenamento em ambiente não controlado (NC) e em ambiente controlado (Cont), avaliadas em cinco épocas de armazenamento

Índice de velocidade de germinação					
Época	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
76DAA - NC	2,05aAB	2,36aA	1,90aB	**	**
76DAA - Cont	1,84aBC	2,15aAB	1,59aC	2,42aA	1,88aBC
85DAA - NC	1,80aA	2,10aA	1,78aA	1,89bA	1,21bB
85DAA - Cont	1,76aB	2,12aA	1,71aB	1,88bAB	1,59aB
C.V.(%)	10,40*				

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, e mesmas letras maiúsculas, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

** As sementes germinaram ainda na embalagem

Tabela 14. Sementes da palmeira real australiana: resultados do tempo médio de germinação referente às colheitas aos 76 DAA e aos 85 DAA e ao armazenamento em ambiente não controlado (NC) e em ambiente controlado (Cont), avaliadas em cinco épocas de armazenamento

Tempo médio de germinação					
Época	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
76DAA - NC	37,56bAB	34,43aB	39,12aA	**	**
76DAA - Cont	42,85aA	35,80aC	40,29aAB	35,99aBC	40,60aA
85DAA - NC	39,31abAB	36,10aB	38,46aAB	37,06aB	41,93aA
85DAA - Cont	39,15abAB	34,10aC	40,72aAB	36,94aBC	41,79aA
C.V.(%)	6,38*				

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas, na coluna, e mesmas letras maiúsculas, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

** As sementes germinaram ainda na embalagem

Os fungos encontrados nas sementes de todos os tratamentos foram os dos gêneros *Fusarium* sp., *Alternaria* sp., *Colletotrichum* sp. e *Cladosporium* sp. Essa contaminação por patógenos nas sementes pode afetar a qualidade fisiológica e sanitária das sementes, prejudicando a germinação e o vigor das sementes, podendo ser agravada durante armazenamento.

O uso de raios X em análise de sementes é considerado uma técnica rápida e não destrutiva. Além disso, possibilita avaliar sementes malformadas e vazias e danificações que ocorrem no embrião das sementes (CÍCERO et al., 1998). Goodman et al. (2006) recomendaram a utilização dos raios X para sementes de espécies recalcitrantes. No entanto, o teor de água alto das sementes pode interferir nos resultados.

As radiografias das sementes da palmeira real australiana das Figuras 10, 11, 12 e 13 mostram que as imagens obtidas não foram suficientes para destacar alterações dos tecidos das sementes, provavelmente devido ao teor de água das sementes que tem

influência na densidade ótica. Nesse sentido, Kobori et al. (2012) afirmaram que há redução da densidade ótica em função do aumento da quantidade de água da semente e que há prejuízo para a avaliação dos tecidos internos das sementes radiografadas.

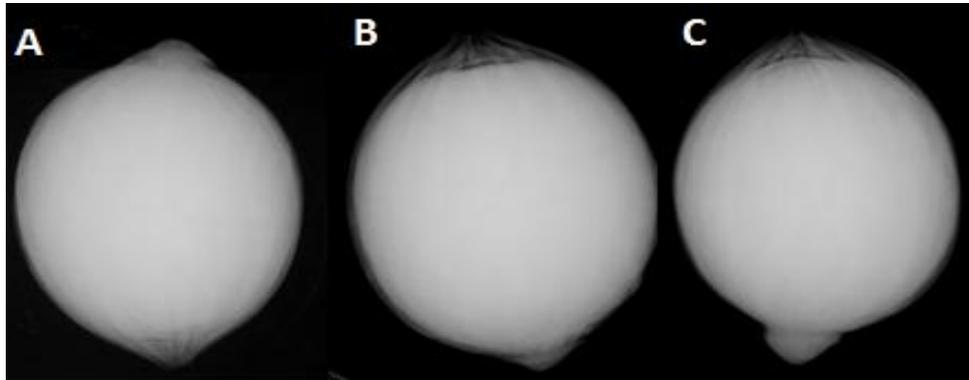


Figura 10. Radiografias das sementes da palmeira real australiana, referentes à colheita aos 76 DAA, armazenadas em ambiente não controlado por 30 dias (A), 60 dias (B) e 90 dias (C), respectivamente com teores de água de 46,0%, 47,5% e 46,6%

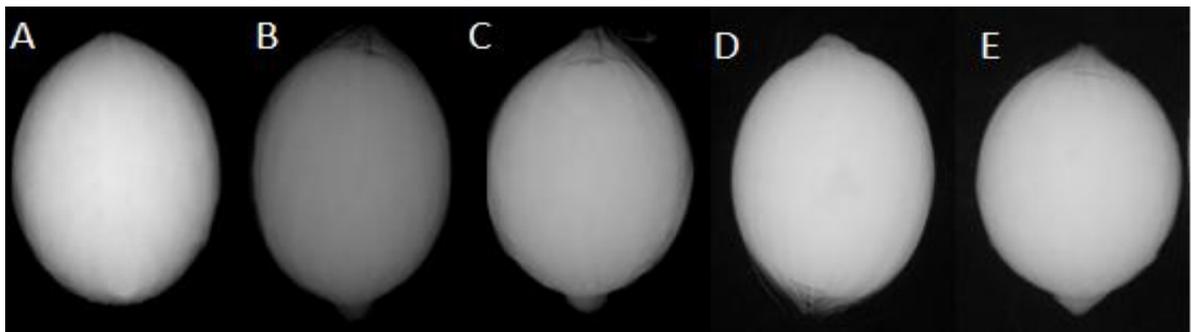


Figura 11. Radiografias das sementes da palmeira real australiana, referentes à colheita aos 76 DAA, armazenadas a 10°C e 80%UR por 30 dias (A), 60 dias (B), 90 dias (C), 120 dias (D) e 150 dias (E), respectivamente com teores de água de 45,0%, 47,1% e 47,7%, 46,4% e 48,5%

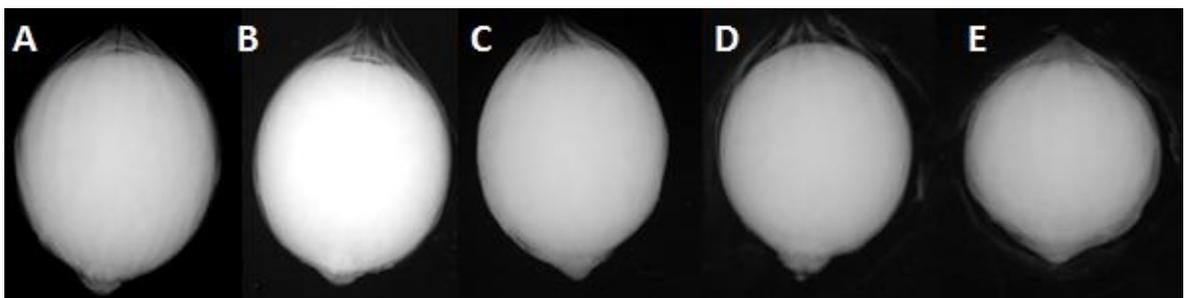


Figura 12. Radiografias das sementes da palmeira real australiana, referentes à colheita aos 85 DAA, armazenadas em ambiente não controlado por 30 dias (A), 60 dias (B), 90 dias (C), 120 dias (D) e 150 dias (E), respectivamente com teores de água de 46,0%, 46,9% e 44,9%, 45,9% e 45,2%

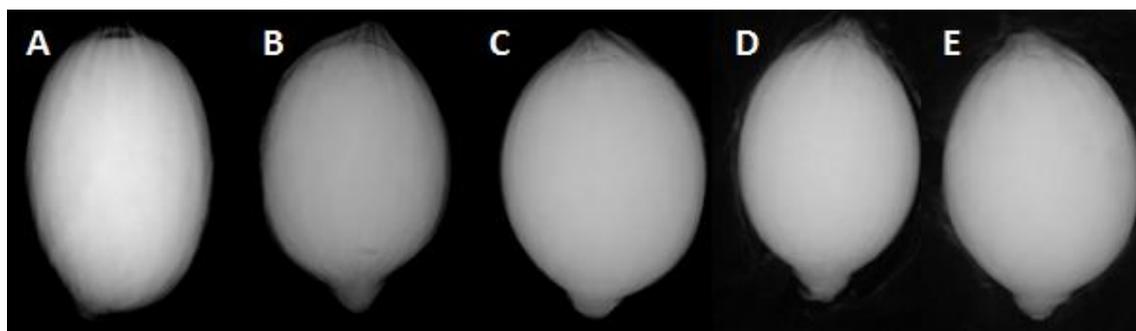


Figura 13. Radiografias das sementes da palmeira real australiana, referentes à colheita aos 85 DAA, armazenadas a 10°C e 80%UR por 30 dias (A), 60 dias (B), 90 dias (C), 120 dias (D) e 150 dias (E), respectivamente com teores de água de 45,8%, 45,8% e 45,9%, 46,3 e 46,0%

A análise utilizando sistema de cores RGB (*red, green and blue*) foi utilizada com o intuito de relacionar a coloração das imagens com a degradação dos tecidos das sementes em função da variação do teor de água e do período de armazenamento.

Os resultados da Tabela 15 indicaram que a análise utilizando sistema de cores RGB (*red, green and blue*) confirmou o resultado das imagens dos raios X. Não houve diferença estatística significativa entre as densidades dos tecidos radiografados, sendo que os únicos valores que diferiram estatisticamente foram os das sementes colhidas aos 85 DAA, armazenadas em ambiente controlado por 60 dias, e aos 76 DAA, armazenadas em ambiente não controlado por 90 dias, com valores inferiores de RGB, quando comparados aos demais resultados. No entanto, essa diferença não foi determinada visualmente e nem nos resultados das demais variáveis.

Tabela 15. Sementes da palmeira real australiana: resultados do índice RGB (*red, green, blue*) referentes às colheitas aos 76 DAA e aos 85 DAA e ao armazenamento em ambiente não controlado (NC) e em ambiente controlado (Cont), avaliadas em cinco épocas

Época	Índice RGB (<i>red, green, blue</i>)				
	30 dias	60 dias	90 dias	120 dias	150 dias
76DAA – NC	188aA	198aA	163aB	0bC	0bC
76DAA - Cont	161aA	194aA	168aA	175aA	168aA
85DAA - NC	178aA	186aA	167aA	165aA	164aA
85DAA - Cont	170aA	132bB	173aA	172aA	163aAB
C.V.(%)	12,00*				

*Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna e mesmas letras maiúsculas na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

4.4. Conclusões

As condições adequadas para o armazenamento das sementes da palmeira real australiana, colhidas aos 76 dias após a antese, com 48% de água, são a embalagem de

polietileno (0,20mm de espessura) e o ambiente com temperatura de 10°C e 80% de umidade relativa do ar; essas condições são favoráveis para manter a qualidade das sementes por até 150 dias.

Referências

- ANDRADE, A. C. S. LOUREIRO, M. B.; SOUZA, A. D. O.; RAMOS, F. N.; CRUZ, A. P. M. Reavaliação do efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmiteiro (*Euterpe edulis* Mart). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 279-283, 1999.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. Seeds. **Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**. 666 pp, 1998.
- BITENCOURT, L.F.; HOMECHIN, M. Avaliação da qualidade sanitária de sementes de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz – Flacourtiaceae) por três métodos de incubação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.20, n.1, p.233-236, 1998.
- BOVI M.L.A.; GODOY-JÚNIOR G; SAES LA. Pesquisas com os gêneros *Euterpe* e *Bactris* no Instituto Agrônomo de Campinas. **Agrônomo**, 39: 129-174, 1987.
- BOVI, M. L. A. MARTINS, C.; SPIERING, S. H. Desidratação de sementes de quatro lotes de pupunheira: efeitos sobre a germinação e o vigor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.109-112, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009a. 398p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de análises sanitárias de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009b. 202p.
- CHARLO, H.C.O. et al. Aspectos morfológicos, germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Archontophoenix alexandrae* (F. Mueller) H. Wendl. & Drude (Arecaceae) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.933-940, 2006.
- CICERO, S. M.; VAN DER HEIJDEN, G. W. A. M. ; VAN DER BURG, W. J.; BINO. R.J. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, v.26, n.3, p.603-612, 1998.
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra see d. Proceedings of the American Journal Society for Horticultural Science, v, 71, p.428-434.
- FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós colheita. **Bragantia**, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003.

- GOODMAN, R. C.; JACOBS, D. F.; KARRFALT, R. P. Using X-ray image analysis to assess the viability of northern red oak acorns: implications for seed handlers. In: **USDA FOREST SERVICE**, 2006.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behaviour. **International Plant Genetic Resources Institute**, n.1, 1996.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Chapter 3: Storage. In: VOZZO, J. A. (Ed.) Tropical tree seed manual. Washington: **United States Department of Agriculture/Forest Service**, p. 125-136, 2003.
- KOBORI, N. N.; CÍCERO, S. M.; MEDINA, P. F. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes** v.34 n.1, p. 125-133, 2012.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; COSTA, J. T. M.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. Palmeiras brasileiras e exóticas e cultivadas. Nova Odessa. **Instituto Plantarum**, 2004. 416 p.
- LUZ, P. B.; PIVETTA, K. F. L. Armazenamento de sementes de *Archontophoenix cunninghamii* H.Wendl. & Drude (Palmeira Real Australiana).. **Scientia Agraria** (UFPR), v. 11, p. 349-354, 2010.
- MAGUIRE, J.D. (1962). Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, 2(2):176-177.
- MARTINS, C. C.; CALDASI, I. G. R.; MACHADO, C. G.; DOURADO, W. S. Tipos de substratos para a germinação da palmeira-rela-australiana (*Archontophoenix alexandrae* H. WENDL. & DRUDE). **Revista Árvore**, v.35, n.6, p.1189-1196, 2011.
- MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de palmitovermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 188- 192, 2007.
- MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J. Desiccation effects on germination and vigor of king palm seeds. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, p.88-92, 2003.
- MARTINS CC; BOVI M. L. A; NAKAGAWA J; GODOY JRG. Despoldamento e temperatura no armazenamento temporário de sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernandes). **Revista Brasileira de Sementes**, 22: 169-176, 2000.
- NODARI R.O.; FANTINI A.C.; GUERRA M.P.; REIS M.S.; SCHUCH O. Conservação de frutos e sementes de palmito (*Euterpe edulis* Mart.) sob diferentes condições de armazenamento. **Revista Árvore**, 22: 1-10, 1998.
- PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. 1999. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research** 9: 13-37.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v. 1, p. 499-514, 1973.

5. CONCLUSÃO

É possível estimar a viabilidade das sementes da palmeira real australiana pelo teste de tetrazólio, utilizando as concentrações das soluções 0,1% por 360 minutos e 0,2% por 120 minutos ou 240 minutos, no escuro, a 40°C. A maturidade fisiológica das sementes é atingida quando as sementes têm 41% de água, correspondente aos 76 dias após a antese e 2,49g de massa seca; nesse momento a cor dos frutos é classificada como 10.R 6/8 vermelha amarela-avermelhada. As sementes da palmeira real australiana são recalcitrantes e a desidratação até 25% de água não tem interferência imediata e negativa na qualidade das sementes, no entanto, há redução quando têm 20% de água e com 10% de água não há germinação. As condições adequadas para o armazenamento das sementes da palmeira real australiana, que têm inicialmente 48% de água, são a embalagem de polietileno (0,20mm de espessura) e o ambiente com temperatura de 10°C e 80% de umidade relativa do ar; essas condições são favoráveis para manter a qualidade das sementes por até 150 dias.