

AURÉLIO RUBIO NETO

**VIABILIDADE DE EMBRIÕES DE MACAÚBA [*Acrocomia aculeata*
(JACQ.) LOOD. EX MART.] E BABAÇU (*Orbignya phalerata* MART.)
EM FUNÇÃO DA MATURAÇÃO E SECAGEM DOS FRUTOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Larissa Leandro Pires

Co-orientador:

Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva

Goiânia, GO - Brasil

2013

Rubio Neto, Aurélio.
R896v Viabilidade de embriões de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.] e babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) em função da maturação e secagem dos frutos [manuscrito] / Aurélio Rubio Neto. – 2013.
84f. : figs., tabs.

Orientadora: Prof^a Dr^a Larissa Leandro Pires;
Coorientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás;
Escola de Agronomia, 2013.
Bibliografia.
Inclui lista de tabelas e figuras.

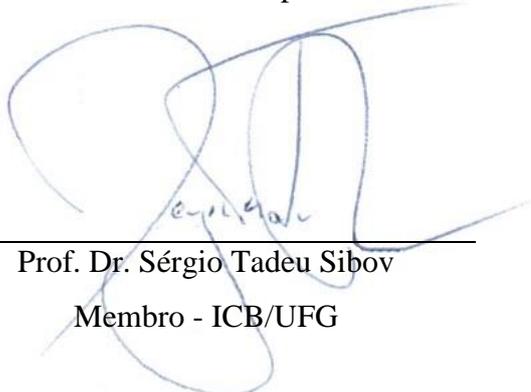
1. Macaúba (*Acrocomia aculeata*) – Desidratação.
2. Babaçu (*Orbignya phalerata*) – Tolerância à dessecação. 3. Produção de mudas – Tetrázólio. I.
Título.

CDU. 582.521.11:630*232

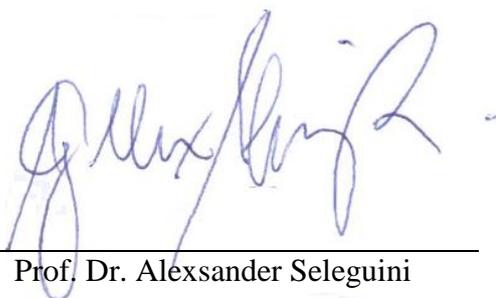
AURÉLIO RUBIO NETO

VIABILIDADE DE EMBRIÕES DE MACAÚBA [*Acrocomia aculeata* (JACQ.) LOOD. EX MART.] E BABAÇU (*Orbignya phalerata* MART.) EM FUNÇÃO DA MATUREZAÇÃO E SECAGEM DOS FRUTOS

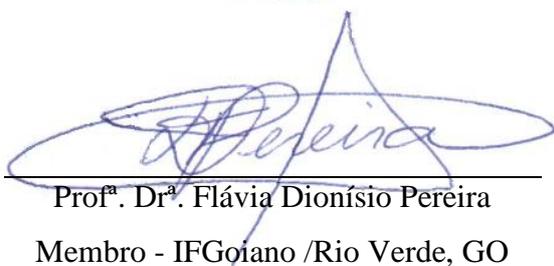
Tese DEFENDIDA e APROVADA em 26 de Junho de 2013, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



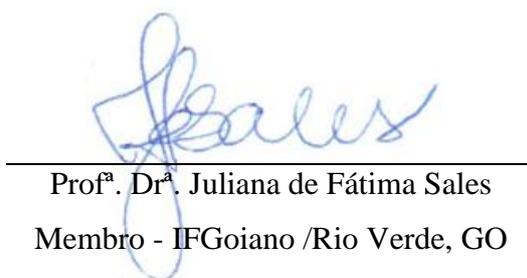
Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov
Membro - ICB/UFG



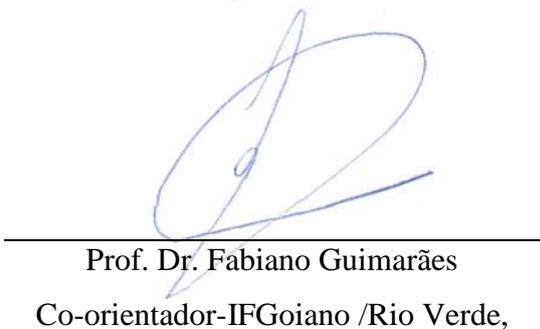
Prof. Dr. Alexander Seleguini
Membro - EA/UFG



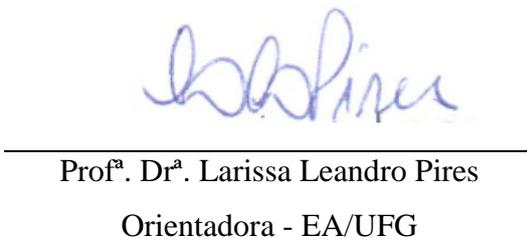
Prof.ª Dr.ª Flávia Dionísio Pereira
Membro - IFGoiano /Rio Verde, GO



Prof.ª Dr.ª Juliana de Fátima Sales
Membro - IFGoiano /Rio Verde, GO



Prof. Dr. Fabiano Guimarães
Co-orientador-IFGoiano /Rio Verde,
GO



Prof.ª Dr.ª Larissa Leandro Pires
Orientadora - EA/UFG

“...Todo homem tem direito de pensar o que quiser.
Todo homem tem direito de amar a quem quiser.
Todo homem tem direito de viver como quiser.
Todo homem tem direito de morrer quando quiser.
Direito de viver, viajar sem passaporte.
Direito de pensar, de dizer e de escrever.
Direito de viver pela sua própria lei...”

Raul Santos Seixas

Aos familiares, professores e amigos que acreditaram em meu trabalho.

DEDICO

Aos que demonstram interesse por pesquisa, palmeiras e pelo domínio Cerrado.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço desde ao mais humilde servidor, ao Reitor da Universidade Federal de Goiás e Instituto Federal Goiano, pelo ensejo concedido e finalizado com tanto esmero. Bem como à capital Goiânia e município de Rio Verde, que de tanta gratidão, sinto-me na obrigação de disseminar seus nomes.

A minha família, Pai, Mãe, Irmã, Cunhado, por estarem sempre próximos nos momentos de provação. Palavras que estendo ao Antônio Carlos Bonifácio e Kátia Gonzaga, pois não teria chegado a estas palavras se não tivessem me acolhido.

A minha mulher, Camila Singh pela paciência e amor incondicional. Você sempre será minha princesa, a princesa do Cerrado.

Aos meus orientadores Fabiano Guimarães Silva, Larissa Leandro Pires, Flávia Dionísio, Juliana de Fátima Sales e Saulo Araújo pela confiança, compreensão e conhecimentos transmitidos durante essa jornada.

Aos professores João Batista Duarte, Natan Fontoura da Silva, Abadia dos Reis e Ronaldo Veloso Naves por terem feito meus olhos brilharem em suas aulas.

Ao pessoal dos Laboratórios Lilian Abadia, Glicélia, Pedro Henrique, Jehane, Lucas, Bethânia, Ísis, Clenilson, Paulo, Alessandra, Beatriz, Denner, Murilo, João Paulo, Juliana Cabral, Apolyana, Eduardo Moura, Lorena, Jailma, Eduard, Lorrayne, Talissa, Kamila, Marlete, Maíra, Yasmin, Luiz e a Paula por toda amizade e dedicação.

A comunidade War, Alex, José Patrício, Leandro, Joseanny P. F., Carolina Wisintainer, Fabrício, Johnatam Ennes, Boy, Fabiani, Ricardo, Shapiro, Joaquim Frazão, Marcos Vieira e Gleina Costa, pelos momentos de descontração e estudos intermináveis.

Aos amigos do peito Jairo, Dário, Vinício, Leone, Adair Dóro, Eduardão, Ian, Kauê, Jadson, Gustavo Cruvinel, Gabriela Wilk, Raphael Espósito, Luís Felipe, Alexandre Sielskis, João Lucas, Clarismar, Rafael Vieira e Leonardo Fonseca. Viva Rio Verde.

A CAPES pelo financiamento da bolsa de estudo.

Novamente eu digo: Valeu e contem sempre comigo!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO GERAL	xiii
GENERAL ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES SELECIONADAS	17
2.2 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA ARECACEAE 19	
2.2.1 Ornamentação.....	19
2.2.2 Alimentício	20
2.2.3 Produção de óleo.....	21
2.2.4 Outras formas de utilização.....	22
2.3 PROPAGAÇÃO SEXUADA DA FAMÍLIA ARECACEAE	23
2.3.1 Maturidade fisiológica de sementes	24
2.3.2 Dessecação das sementes	26
2.3.3 Testes de vigor.....	27
2.3.4 Cultura de embriões	28
2.2 REFERÊNCIAS	30
3 VIABILIDADE DE EMBRIÕES ZIGÓTICOS DE MACAÚBA [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. Ex. Mart.] EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE SECAGEM	37
RESUMO	37
ABSTRACT	37
3.1 INTRODUÇÃO.....	38
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.2.1 Dessecação dos frutos em função do tempo de secagem	40
3.2.2 Dessecação dos frutos em função do teor de água	40
3.3.3 Germinação <i>in vitro</i>	41
3.3.4 Teste de tetrazólio e condutividade elétrica	42
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
3.3.1 Dessecação dos frutos em função do tempo de secagem	42
3.3.2 Dessecação dos frutos em função do teor de água	44

3.3.3. Germinação <i>in vitro</i>	45
3.3.4 Teste de tetrazólio e condutividade elétrica	47
3.4 CONCLUSÃO.....	50
3.5 AGRADECIMENTOS	51
3.6 REFERÊNCIAS	51
4 MATURAÇÃO DO FRUTO E CONCENTRAÇÃO DE SACAROSE NA GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE EMBRIÕES ZIGÓTICOS DE MACAÚBA...	54
RESUMO	54
ABSTRACT	54
4.1 INTRODUÇÃO.....	55
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	56
4.2.1 Classes de maturação	57
4.2.2 Extração das sementes.....	57
4.2.3 Biometria	58
4.2.4 Germinação <i>in vitro</i> e crescimento inicial.....	58
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.3.1 Extração das sementes.....	59
4.3.2 Biometria	61
4.3.3. Germinação <i>in vitro</i> e crescimento inicial.....	62
4.4 CONCLUSÕES	65
4.5 AGRADECIMENTOS	65
4.6 REFERÊNCIAS	65
5 TEMPERATURA DE SECAGEM E TEORES DE ÁGUA NA VIABILIDADE E GERMINAÇÃO <i>IN VITRO</i> DE BABAÇU (<i>Orbignya phalerata</i> Mart.).....	68
RESUMO	68
ABSTRACT	68
5.1 INTRODUÇÃO.....	69
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	71
5.2.1 Dessecação	71
5.2.2 Germinação <i>in vitro</i> e crescimento inicial.....	71
5.2.3 Teste de tetrazólio.....	72
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
5.3.1 Dessecação	72
5.3.2 Teste de tetrazólio.....	73

5.3.3 Germinação <i>in vitro</i> e crescimento inicial.....	75
5.4 CONCLUSÃO.....	78
5.5 AGRADECIMENTOS	78
5.6 REFERENCIAS	78
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82

LISTA DE TABELAS

- Tabela 4.1.** Qualidade do processo de extração de sementes de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.], em frutos pertencentes a duas classes de maturação. Rio Verde (GO), 2013. 60
- Tabela 4.2.** Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: Diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), número de sementes por fruto (S/F), porcentagem de sementes quebradas (Q%), porcentagem de sementes íntegras (I%), porcentagem de sementes trincadas (T%), porcentagem de sementes aderidas (Ad%) ao endocarpo durante a extração e, rendimento (Rend.) de extração das sementes em frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.] sob diferentes estádios de maturação. Rio Verde (GO), 2013..... 62
- Tabela 5.1.** Teor de água em frutos e sementes de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) submetidos a diferentes períodos de secagem em estufa de circulação forçada, a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $57^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013..... 74
- Tabela 5.2.** Porcentagem média de embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) viáveis, vigorosos, inviáveis e mortos pelo teste de tetrazólio, quando submetidos à secagem em estufa de circulação forçada, por diferentes tempos e temperatura. Rio Verde (GO), 2013..... 76
- Tabela 5.3.** Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) *in vitro*, de embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) extraídos de frutos submetidos a diferentes tempos e temperaturas de secagem em estufa de circulação forçada, e inoculados *in vitro*. Rio Verde (GO), 2013..... 76

Tabela 5.4. Comprimento (cm) de plântulas de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) cultivadas *in vitro* por 30, 60 e 90 dias, provenientes de embriões zigóticos desidratados por diferentes tempos e temperaturas. Rio Verde (GO), 2013..... 78

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1.** Características morfológicas de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.]: a) Vista geral, \pm 30 anos de idade, no município de Montes Claros de Goiás (GO); b) Inflorescência; c) Cacho com frutos imaturos; d) Vista longitudinal de fruto aberto, detalhe para meso (mesocarpo de polpa, branco-amarelada), endo (endocarpo rígido e enegrecido), sementes e embrião zigóticos (ha=haustório, pp=região proximal do pecíolo, pm=região mediana do pecíolo. Barra=2cm). Montes Claros de Goiás (GO), 2009. (Fonte: Do Autor)..... 17
- Figura 2.2.** Características morfológicas do babaçu *Orbignya phalerata* Mart: a) Vista geral, \pm 40 anos de idade, no município de Montes Claros de Goiás (GO); b) Cacho com frutos maduros; c) Vista longitudinal de fruto aberto, com detalhe para mesocarpo, branco-amarelado (meso), endocarpo rígido e marrom escuro (endo), sementes e embrião zigóticos (ha=haustório e pp=região proximal do pecíolo. Barra=2cm). Montes Claros de Goiás (GO), 2008. (Fonte: O Autor)..... 18
- Figura 2.3.** Produção Produção de óleo hectare ano⁻¹, sob condições naturais de cultivo nas principais palmeiras com potencial oleaginoso (Nucci, 2007; Te-Chato & Hilae, 2007; Borsuk & Nodari, 2012)..... 21
- Figura 2.4.** Tipos de germinação na família Arecaceae. A) Germinação do tipo adjacente. B) Germinação do tipo Remota. Fonte: Charlo et al. (2006); Kobori (2006)..... 24
- Figura 3.1.** Esquema de processos para dessecação dos frutos, germinação *in*

	<i>vitro</i> e teste de vigor de embriões zigóticos de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.].....	41
Figura 3.2.	Teor de água em frutos (A) e sementes (B) de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] submetida à secagem em estufa de circulação forçada, por diferentes tempos e temperaturas de secagem ($37\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $57\pm 2^{\circ}\text{C}$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Rio Verde (GO), 2013.....	43
Figura 3.3.	Relação entre teor de água de frutos e sementes de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] desidratados por 8 dias em estufa a 37°C (A) e 57°C (B). *Significativo a 5% de probabilidade. Rio Verde (GO), 2013.....	44
Figura 3.4.	Teor de água em frutos (A) e sementes (B) de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] submetida à secagem por diferentes tempos e temperaturas. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Rio Verde (GO), 2013.....	45
Figura 3.5.	Porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) dos embriões zigóticos de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] extraídos de frutos desidratados por diferentes tempos e temperaturas de secagem de $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $57\pm 2^{\circ}\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013.....	46
Figura 3.6.	Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (IVG) (B) de embriões de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] obtidos de sementes com diferentes teores de água. Rio Verde (GO), 2013.....	47
Figura 3.7.	Embriões zigóticos de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] submetidos ao teste de tetrazólio (Barra = 4 mm). No embrião destacam-se as regiões do haustório (ha),	

<p>mediana (pm) e proximal do pecíolo (pp). a) e f) embriões obtidos de frutos sem secagem; b) a e) embriões obtidos de frutos desidratados a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 2, 4, 6 e 8 dias, respectivamente; g) a j) embriões obtidos de frutos desidratados a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013.....</p>	48
<p>Figura 3.8. Porcentagem de embriões zigóticos vigorosos (A), viáveis (B), inviáveis (C) e mortos (D) de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] extraídos de frutos desidratados por diferentes tempos e temperaturas de secagem de $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $57\pm 2^{\circ}\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013.....</p>	49
<p>Figura 3.9. Condutividade elétrica (C.E.) em embriões zigóticos de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] extraídos de frutos desidratados por diferentes tempos e temperaturas de secagem de $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $57\pm 2^{\circ}\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013.....</p>	50
<p>Figura 4.1. Estádios de maturação de frutos de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lood. ex Mart.] de acordo com a cor do epicarpo: (A) frutos levemente marrons e presença de verde, (B) frutos inteiros marrom intenso. Rio Verde (GO), 2013.....</p>	57
<p>Figura 4.2. Qualidade do processo de extração de sementes de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.]. A) Sementes fisicamente íntegras. Barra = 1,5 cm. B) Sementes trincadas. Barra = 1,5 cm. C) Sementes quebradas. Barra = 1,5 cm. D) Sementes aderidas. Barra = 2 cm. Rio Verde (GO), 2013.....</p>	60
<p>Figura 4.3. Porcentagem de germinação de embriões zigóticos de macaúba [<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.] extraídos de frutos em diferentes estádios de maturação, inoculados em meio sólido com diferentes concentrações de sacarose. Rio Verde (GO), 2013.....</p>	64

- Figura 4.4.** Comprimento de plântulas de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.] aos 90 dias de cultivo in vitro, provenientes de embriões zigóticos obtidos de frutos em diferentes estádios de maturação e, inoculados em meio sólido com diferentes concentrações de sacarose. Rio Verde (GO), 2013..... 65
- Figura 5.1.** Embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) submetidos ao teste de tetrazólio. Barra = 2 cm. No embrião destacam-se as regiões do haustório (ha) e proximal do pecíolo (pp). a) e d) embriões obtidos de frutos sem secagem. b) e c) Embriões obtidos de frutos desidratados a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 6 e 11 dias, respectivamente. e) e f) Embriões obtidos de frutos desidratados a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 6 e 11 dias, respectivamente. Rio Verde (GO), 2013..... 75

RESUMO GERAL

RUBIO NETO, A. **Viabilidade de embriões de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.] e babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) em função da maturação e secagem dos frutos.** 2013. 77 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.¹

Objetivou-se com este estudo avaliar a qualidade fisiológica de embriões de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.] e babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) em função da velocidade de secagem, a fim de otimizar o processo de secagem já existente, bem como, propor uma metodologia mais eficiente para o estabelecimento *in vitro* de macaúba e babaçu. Verificou-se que para as duas espécies em estudo, a temperatura de $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ promoveu perda de água inferior a de $57\pm 2^{\circ}\text{C}$. Entretanto, foi mais eficiente pelo fato de não inviabilizar os embriões durante esse processo, garantindo elevadas taxas de germinação, mesmo em sementes com teor de água de 9% para o babaçu e de 19% para a macaúba. A adoção do teste de tetrazólio proposto inicialmente para macaúba, que utiliza o sal a 0,5% e embebição por 4 horas, permitiu a distinção de diferentes classes de vigor também no babaçu. A secagem a 37°C favoreceu a extração de sementes intactas e, conseqüentemente, remoção do embrião, para cultura *in vitro* de macaúba. Não se verificou diferença na germinação *in vitro* de embriões extraídos de frutos com diferentes cores do epicarpo, que foi abordado como diferentes classes de maturação de macaúba. A germinação *in vitro* dos embriões foi favorecida com o acréscimo de sacarose no meio de cultivo de 30 a 40 g L^{-1} . Dessa forma, verifica-se que a secagem dos frutos de macaúba e babaçu a 37°C garante efetividade no processo, visto que, permite melhor extração das sementes e embriões, com isso, são alcançadas elevadas taxas de germinação *in vitro* em até 60 dias, encurtando muito o tempo de produção da muda.

Palavras-chave: desidratação, tolerância à dessecação, micropropagação, tetrazólio, produção de mudas.

¹Orientadora: Profa. Dra. Larissa Leandro Pires. EA-UFG.
Coorientador: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva. IF Goiano.

GENERAL ABSTRACT

RUBIO NETO, A. **Viability of embryos macaw palm [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Mart Ex.] and babassu (*Orbignya phalerata* Mart.) depending of ripeness and fruits drying.** 2013. 77 f. Thesis (Doctorate in Agronomy: Crop Science)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013¹.

The objective of this study was to evaluate the physiological quality of embryos of babassu (*Orbignya phalerata* Mart.) and macaw palm [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.] according to the drying speed in order to optimize the already existing drying process as well as to propose a more efficient method for the *in vitro* establishment of macaw palm and babassu. It was observed that for both species under study, the temperature of $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ promoted loss of water less than $57\pm 2^{\circ}\text{C}$. However, it was more efficient because it did not inhibit the embryo during this process, ensuring high germination rates, even in seeds with 9% of water content for babassu and 19% for macaw palm. The adoption of the tetrazolium test, initially proposed for macaw palm, which uses salt at 0.5% and imbibition for 4 hours, allowed to distinguish different classes of vigor also in the babassu. Drying at 37°C favored the extraction of intact seeds and consequently the removal of embryo for *in vitro* culture of macaw palm. There was no difference in the *in vitro* germination of embryos extracted from fruit with different colors of the epicarp, which was approached as different maturity classes of macaw palm. The *in vitro* germination of embryos was enhanced with the addition of 30-40 g L⁻¹ sucrose in the culture medium. Thus, it is found that drying the fruit of babassu and macaw palm at 37°C ensures effectiveness in the process, since it allows better extraction of seeds or embryos which enable to achieve high *in vitro* germination rate within 60 days, making the time for production of seedlings much shorter.

Key words: dehydration, desiccation tolerance, micropropagation, tetrazolium, seedling production.

¹ Adviser: Profa. Dra. Larissa Leandro Pires. EA-UFG.
Co-adviser: Prof. Dr. Fabiano Guimarães Silva. IF Goiano.

1 INTRODUÇÃO

As espécies que pertencem à família Arecaceae são popularmente conhecidas por palmeiras, que possuem ampla distribuição, sendo encontradas principalmente nas regiões tropicais e subtropicais. São de grande importância ecológica, pois se encontram em diversos ambientes e servem de abrigo e alimentação para fauna silvestre. Essas plantas possuem potencial de utilização de praticamente todos seus órgãos, sendo que algumas espécies tem essa capacidade em mais de uma parte, despertando interesse, principalmente a seus frutos, que possuem grande potencial oleaginoso se comparado as demais plantas utilizadas para este fim.

Devido à sua beleza, as palmeiras são valiosos elementos para a ornamentação de paisagens tanto urbanas quanto rurais, além de múltiplas utilizações na indústria alimentícia e cosmética. Recentemente, a sua utilização para a produção de óleo combustível tem despertado muito interesse econômico, por constituir matéria-prima já existente e pouco explorada, com destaque para a macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.], dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), inajá (*Maximiliana regia* Mart.), tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) e babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.).

A principal forma de propagação nessa família é sexuada; porém, pouco se conhece desse mecanismo. Sabe-se que, em geral, a germinação das sementes das espécies da família Arecaceae, é peculiar e ocorre de forma lenta, irregular e, em baixas porcentagens, podendo este fato ser decorrente de dormência, que também é comum na família. Muito tem sido feito buscando a superação dessa dormência, entretanto, novas pesquisas se fazem necessárias para que esse problema seja realmente resolvido. Por isso, a adaptação de tecnologias empregadas em espécies de culturas anuais e arbóreas, como o teste de tetrazólio, raio x, condutividade elétrica e germinação *in vitro* são ferramentas de fundamental importância para garantir o sucesso nessa área de conhecimento (Martins et al., 1996; Ferreira & Gentil, 2006).

Uma forma de diminuir o processo de produção de mudas de palmeiras, é o emprego de técnicas de cultivo *in vitro*. A elaboração de novos protocolos, desde a

extração do embrião, multiplicação e aclimatização das plântulas, são fundamentais para que tornem-se passíveis de utilização, garantindo o sucesso da produção de mudas. Embora sejam amplamente utilizadas e de ser reconhecida sua importância social, econômica e ambiental, são poucos os trabalhos científicos visando o conhecimento dessas espécies.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade fisiológica de embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) e macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.] em função da temperatura de secagem, a fim de otimizar o processo de secagem já existente, bem como propor uma nova metodologia para o estabelecimento *in vitro* de macaúba.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES SELECIONADAS

A macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.] pode atingir de 10 m a 15 m de altura por 3 m a 4 m de diâmetro de copa (Figura 2.1A). O caule do tipo estipe, pode possuir bainhas e/ou acúleos e não perfilha. As folhas são pinadas e verde escuro. As inflorescências são amarelas e o cacho pode atingir até 2 m de comprimento (Figura 2.1B). Os frutos (Figura 2.1C) são esféricos, com diâmetro variando de 2 cm a 5 cm e possuem de uma a três sementes (Figura 2.1D) (Silva et al., 2001).



Figura 2.1. Características morfológicas de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.]: a) Vista geral, \pm 30 anos de idade, no município de Montes Claros de Goiás (GO); b) Inflorescência; c) Cacho com frutos imaturos; d) Vista longitudinal de fruto aberto, detalhe para meso (mesocarpo de polpa, branco-amarelada), endo (endocarpo rígido e enegrecido), sementes e embrião zigóticos (ha=haustório, pp=região proximal do pecíolo, pm=região mediana do pecíolo. Barra=2 cm). Montes Claros de Goiás (GO), 2009. (Fonte: Do Autor).

A grande variação desses números pode ser decorrente da variabilidade genética, o que evidencia a importância de se estudar a biometria desses frutos, bem como a reclassificação taxonômica no gênero *Acrocomia*, pois, sabe-se, que ocorrem grandes variações fenotípicas nesse gênero, que diferem na presença e localização dos espinhos e presença de bainha recobrindo o caule. Por isso, foi proposta a subdivisão da espécie em *A. aculeata* spp. *sclerocarpa*, *A. aculeata* spp. *totai* e *A. aculeata* spp. *intumescens* (Pimentel et al., 2011).

O babaçu pode atingir até 20 m de altura, com diâmetro do caule de até 40 cm, sem perfilhar (Figura 2.2A). Seus frutos são oblongos-elipsóides lisos, com 11 cm de comprimento por 6,3 cm de diâmetro, de coloração marrom na maturidade (Figura 2.1B), produzindo de uma a seis sementes, que contém um embrião zigóticos de até 2 cm (Figura 2.2C). Assim como ocorre na macaúba, há grande variação fenotípica dentro da espécie. Leite (2012) classificou o babaçu como *O. oleifera* Burret.; Pavlak et al. (2007) como *O. martiniana*, enquanto Silva et al. (2012), classificou como *O. phalerata* Mart. Isto sugere a possibilidade de serem realmente espécies distintas, ou que sejam plantas pertencentes à mesma espécie em três subespécies, com variações fenotípicas no estipe e nos frutos, assim como verificado para a macaúba.

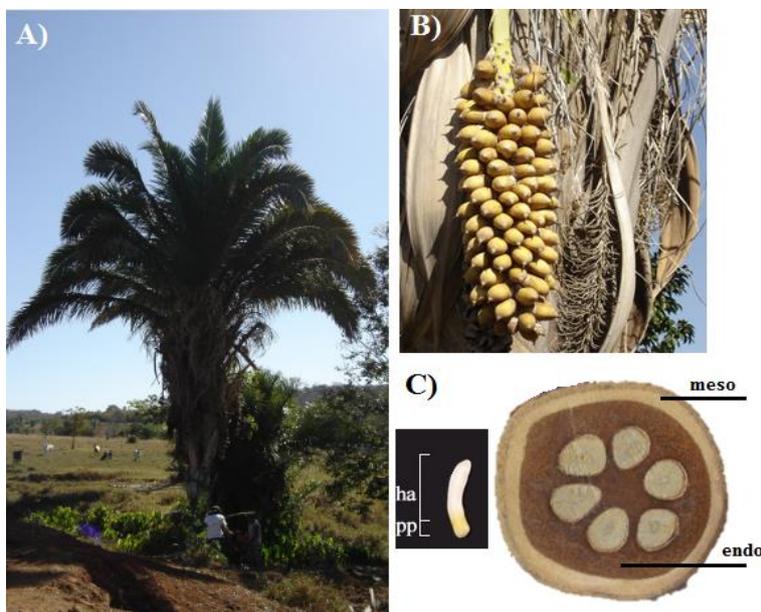


Figura 2.2. Características morfológicas do babaçu *Orbignya phalerata* Mart: a) Vista geral, \pm 40 anos de idade, no município de Montes Claros de Goiás (GO); b) Cacho com frutos maduros; c) Vista longitudinal de fruto aberto, com detalhe para mesocarpo, branco-amarelado (meso), endocarpo rígido e marrom escuro (endo), sementes e embrião zigóticos (ha=haustório e pp=região proximal do pecíolo. Barra=2 cm). Montes Claros de Goiás (GO), 2008. (Fonte: O Autor).

2.2 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DAS ESPÉCIES DA FAMÍLIA ARECACEAE

A família Arecaceae possui aproximadamente de duzentos gêneros e de 2.500 a 3.500 espécies, sendo portanto, bem ampla, com grande variação na morfologia de suas espécies. Ocorre preferencialmente em regiões tropicais, sendo raras as espécies de ocorrência em regiões secas e frias. São de múltiplas utilidades para o homem e o ambiente. Atualmente, tem sido destacado seu potencial de geração de renda, principalmente com a reforma da matriz energética do Brasil, em que buscam-se incessantemente, plantas com potencial oleaginoso de baixo custo, elevada produção de frutos e que já estejam inseridas nas propriedades rurais (Lorenzi et al., 2004; Sodré, 2005; Bonomi et al., 2006).

2.2.1 Ornamentação

Os aspectos das folhas e estipe, facilidade de manejo, bem como as diferentes formas que adquirem durante o crescimento, tornam essas plantas de grande interesse na ornamentação de paisagens urbanas e rurais. A presença de fibras, espinhos, cicatrizes e bainhas decoram, de diferentes formas, o caule, agregando valor às mudas (Sodré, 2005; Rossato & Barbieri, 2007).

A inflorescência geralmente possui coloração branca, creme, rosa e lilás e, em alguns casos, pode conter milhões de flores, que também são atrativas, como é o caso da Palma Talipot (*Corypha umbraculifera* L.), que floresce apenas uma vez. A presença de butiazeiros (*Butia* spp.) sempre próximos a residências, em praças e jardins, evidencia seu potencial ornamental, pela forma das folhas e beleza da inflorescência. Já os frutos são conhecidos por cocos ou coquinhos, que possuem o formato de bagas ou drupas, de cores variadas, podem ter ainda polpa suculenta e, às vezes comestível, agregando mais valor em termos paisagísticos por ter mais de uma finalidade. Por isso a utilização dessas plantas deve ser incentivada (Lorenzi et al., 2004; Büttow et al., 2009).

Somente em Minas Gerais, a produção de mudas de palmeiras corresponde a 56,5% de toda a produção de mudas ornamentais no estado, mas não foram encontrados estudos sobre a rentabilidade de produção (Landgraf & Paiva, 2009). As palmeiras mais utilizadas na ornamentação no Brasil são: *Roystonea oleracea* (Kunth.) O.F. Cook (Palmeira real), *Roystonea regia* L. (Palmeira imperial) e *Rhapis excelsa*

(Thumb.) Henry. (Palmeira rápis); em parques, ruas e jardins destacam-se: Palmeira-seafórtia (*Archontophoenix cunninghamiana* Wendl.), a Falsa-Latânia [*Livistona chinensis* (Jacq.) R.Br.] e Palmeira Sabal [*Sabal palmetto* (Walt.) Lodd. ex Schultes] (Luz, 2008a).

Apesar de dificuldades no processo germinativo dessa família, o mais trivial na comercialização por viveiristas tem sido o transplântio das mudas para o local definitivo após a muda atingir comprimento superior a 30 cm, como recomendado para a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) e açai (*Euterpe oleraceae* Mart.), sendo o tempo ideal por volta de oito a doze meses após a sementeira. Entretanto, com base em informações empíricas, sabe-se que quanto maior for a planta, maior será seu valor comercial (Tracz, 2005; Conforto & Contin, 2009).

2.2.2 Alimentício

A utilização do caule na alimentação, com o palmito em pratos típicos, é bastante difundida, como ocorre com a guariroba (*Syagrus oleraceae* Becc.) na região do Cerrado, e palmito (*Euterpe* sp.) na região amazônica. Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou beneficiados na forma de doces, sorvetes e licores, com destaque nessa forma de utilização para a tamareira e açai, por serem altamente energéticos.

Também podem ser utilizados para suplementação alimentar humana, devido à elevada qualidade nutricional, pois contém elevado teor de vitaminas, lipídios e energia, com destaque para o açai (*Euterpe oleraceae* Mart.), tamareira (*Phoenix dactylifera* L.), macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.], coco da Bahia (*Cocos nucifera* L.) e tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) (Yuyama et al., 2008). Recentemente, um produto a base do epicarpo da macaúba tem sido utilizado no combate à desnutrição infantil. Lembrando que o epicarpo não é usado para a produção de óleo, que é a utilização mais promissora da família Arecaceae, sendo portanto, mais uma utilização de grande importância social, que destaca essa família entre as plantas de potencial oleaginoso. Como destacam alguns autores, na selva peruana, 70% das espécies utilizadas pelo homem pertencem a família Arecaceae (Silva et al., 2001; Albán et al., 2008; Mota et al., 2011).

2.2.3 Produção de óleo

As sementes em algumas espécies dessa família possuem alto teor de óleo (20% a 30%), que tem sido destinado para a produção de biodiesel e cosméticos, sendo essa a utilização mais promissora. Dentre essas plantas, destacam-se babaçu (*Orbignya phalerata* Burret.), tucumã (*Astrocharyum aculeatum* Meyer), macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.) e dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.). Além do alto teor de óleo, as palmeiras destacam-se pela elevada produção de frutos. Com isso, estima-se que a macaúba e o babaçu podem atingir 4 mil e 5 mil litros de óleo hectare ano⁻¹, respectivamente (Figura 2.3). Essa produção pode ser facilmente duplicada com o avanço científico e tecnológico (Borsuk & Nodari, 2012).

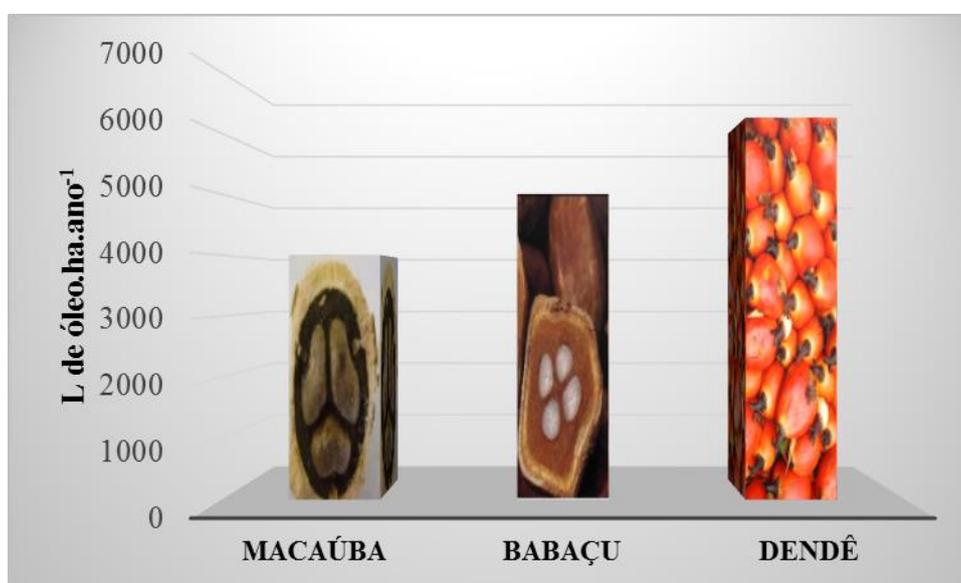


Figura 2.3. Produção de óleo hectare ano⁻¹, sob condições naturais de cultivo nas principais palmeiras com potencial oleaginoso. (Nucci, 2007; Te-Chato & Hilae, 2007; Borsuk & Nodari, 2012).

Na produção de óleo, são gerados vários subprodutos que agregam ainda mais valor, com destaque para o endocarpo na produção de carvão vegetal. Carvão este que possui superioridade em vários quesitos, quando comparado ao carvão de eucalipto, conforme verificado por Silva et al. (1986). Para o açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) foi verificado que o endocarpo possui elevada quantidade de celulose e lignina, portanto, é recomendado para a produção de briquetes energéticos, com a vantagem de ser um resíduo de fácil obtenção, baixo teor de cinzas, alto poder calorífico e baixa emissão de gases (Reis et al., 2002).

Outro subproduto de elevada importância é a farinha do mesocarpo dos frutos, como verificado para o babaçu, que possui grande quantidade de amido (52%) em sua composição, que após fermentação, pode aumentar a produção de etanol (Pavlak et al., 2007). É incontestável o potencial que essa família possui para produção de óleo, por isso, o desenvolvimento de tecnologias para tornar o processo viável são imprescindíveis, principalmente aliando o sistema produtivo ao meio ambiente, gerando renda e melhorando os atributos do solo. Portanto, a elaboração de máquinas que sejam capazes de coletar os frutos, extrair as sementes e o óleo, já beneficiando os subprodutos para agregar ainda mais valor, deve ser incentivada, para tornar o processo passível de utilização para pequenos produtores, assim como proposto por Albiero et al. (2007).

2.2.4 Outras formas de utilização

As folhas podem ser destinadas para a cobertura de estruturas rústicas, produção de artesanatos, papel e feno para equinos, como citado por Rocha & Potiguara (2007) em Murmuru (*Astrocharyum murmuru* Mart.). O estipe também é utilizado como mourão e cercas vivas (Lorenzi, 2006). O uso das palmeiras no artesanato também é expressivo, com destaque para produção de biojoias de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.), bacaba (*Oenocarpus distichus* Mart.), paxiúba (*Iriarteia exorrhiza* Mart.) e tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mey.), utilizando o endocarpo (Gonçalves et al., 2012). O óleo extraído das sementes também pode ser utilizado para produção de sabão em barra.

O baixo nível de sombreamento que as palmeiras promovem no solo contribui diretamente para o consórcio com lavouras e pastos, portanto, podem tornar-se fonte de renda alternativa para os produtores, por meio da comercialização das sementes para indústrias processadoras de óleo. Além das vantagens econômicas, a diversificação da área utilizando palmeiras auxilia ainda, na melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Viana et al., 2011).

A utilização das palmeiras muitas vezes ocorre de forma extrativista, indiscriminada e em escala comercial, fato este que vem reduzindo significativamente as populações de espécies nativas e agravando a erosão genética. Isto, aliado ao desrespeito às leis ambientais e, conseqüentemente, à conservação da natureza, tem dificultado a regeneração natural de populações nativas, como é o caso do licuri [*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.] e palmito (*Euterpe edulis* Mart.), o que compromete

muito os futuros trabalhos, principalmente aqueles buscando variabilidade genética (Martins-Corder et al., 2009; Rocha, 2009).

2.3 PROPAGAÇÃO SEXUADA DA FAMÍLIA ARECACEAE

Apesar das diversas formas de utilização, o cultivo das palmeiras ainda é inexpressivo, como ressaltado por Ferreira & Gentil (2006) para o tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) e por Yang et al. (2007) em areca [*Areca triandra* (Roxb.) ex Buch-Ham], principalmente devido à dificuldade de germinação e à carência de estudos nessa área.

Em geral, as palmeiras têm dificuldades de germinação devido às características morfológicas das sementes e por peculiaridades fisiológicas do processo germinativo. É comum não darem respostas favoráveis mesmo em condições adequadas de germinação, o que pode estar relacionado a obstáculos mecânicos, como espessura do endocarpo e presença de inibidores da germinação. Sendo este, o principal desestímulo dos viveiristas (Tomlinson, 1990; Lorenzi et al., 2004).

Na família Arecaceae, o crescimento das estruturas básicas do processo germinativo é bastante peculiar, podendo diferir entre espécies. Então, o conhecimento dos estádios morfológicos durante a germinação é imprescindível para auxiliar na análise do ciclo vegetativo (Kobori, 2006). É conhecido que nessa família existem dois tipos distintos de germinação, classificados como adjacente e remota, sendo que esta última subdivide-se em remota ligulada e tubular, que diferem pela presença da lígula, no entanto, não foi encontrado na literatura uma ilustração do tipo remota ligulada, apenas, remota tubular (Figura 2.4).

A germinação adjacente (Figura 2.4A) foi observada em sementes de Palmeira-Rabo-de-Peixe (*Caryota urens* Lam.), Palmeira-leque-da-China [*Livistona chinensis* (Jack.) R. Br. ex. Mart.], Palmira fênix (*Phoenix roebelenii* O'Brien.) e Jerivá [*Syagrus ramanzoffiana* (Cham.) Glassm.] com alongamento marcante do pecíolo cotiledonar (Iossi et al., 2006; Kobori, 2006; Pimenta, 2007). O tipo de germinação remota (Figura 2.4B) foi observada em açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.), Palmeira-Real [*Roystonea regia* (Jacq.) OF Cook] e tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Mart.) (Oliveira et al., 2002; Gentil & Ferreira, 2005; Silva & Silva et al., 2006; Penariol, 2007).

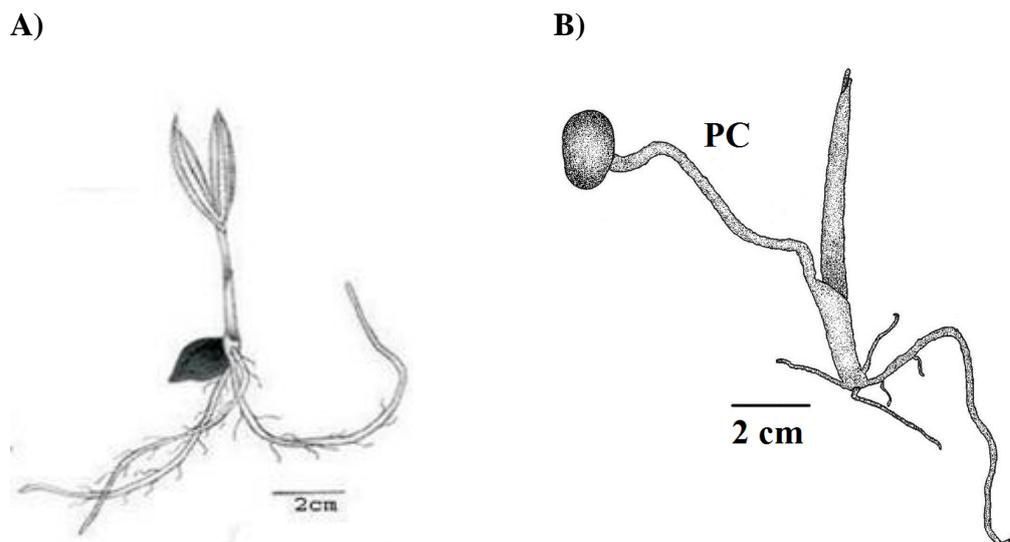


Figura 2.4. Tipos de germinação na família Arecaceae. A) Germinação do tipo adjacente. B) Germinação do tipo Remota. Fonte: Charlo et al. (2006); Kobori (2006).

O mecanismo de controle da germinação é pouco conhecido nessa família. Sabe-se que em decorrência da dormência, que é muito comum, ocorre variação quanto ao número de dias requeridos para germinar. De acordo com Kobori (2006), estima-se que 25% das espécies pertencentes à Arecaceae, necessitem de aproximadamente 100 dias para germinar e a germinação ocorre em 20%. Essa afirmação concorda com os dados obtidos por vários autores, tais como por Charlo et al. (2006) com a Palmeira-Real-Australiana (*Archontophoenix alexandrae* H. Wendl. & Drude) que teve início de germinação aos 68 dias após implantação do experimento; Nascente et al. (2007) em guariroba (*Syagrus oleracea* Becc.) aos 90 dias; Bovi (1990) em palmitreiro (*Euterpe edulis* Mart.) aos 97 dias; Iossi et al. (2007b) em Palmeira-Fênix (*Phoenix roebelenii* O'Brien), com aproximadamente 50 dias; Bovi & Cardoso (1976) em açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) aos 57 dias. O longo período demandado para germinação é um dos principais desestímulos dos viveiristas, pois esse tempo torna o processo de produção de mudas mais caro e inviável.

2.3.1 Maturidade fisiológica de sementes

A fim de avaliar o efeito da maturidade fisiológica das sementes de Palmeira-Fênix (*Phoenix roebelenii* O'Brien) na germinação de sementes, Iossi et al.

(2007a) selecionaram e monitoraram dez matrizes. Concluindo que comprimento, largura e espessura dos frutos não são bons indicadores da maturação, sendo melhor o dia após antese para determinar o melhor ponto para colheita. Isto porque taxas satisfatórias de germinação (> 95%) e velocidade de germinação foram obtidas quando os diásporos (semente + endocarpo) de frutos coletados a partir de 110 dias após antese (d.a.a.), evidenciando que até 138 d.a.a. é o melhor período para a colheita das sementes.

Já Penariol (2007), avaliando três estádios de maturação (frutos vermelhos, amarelos e pretos) dos frutos de palmeira real [*Roystonea regia* (Kunth) OF Cook.] em função da presença e ausência de polpa, obteve maiores taxas de germinação em frutos com coloração preta (38%) sem a presença do mesocarpo. Ao contrário de Viana (2003), que obteve os melhores resultados em sementes da palmeira de leque [*Livistona rotundifolia* (Lam.) Mart.] obtidos de frutos verdes. Em geral, esses trabalhos consideram a coloração do epicarpo dos frutos para classificar a maturação dos frutos, mas nenhum trabalho utiliza equipamentos precisos para determinar tal coloração, como o colorímetro, tornando dúbia a metodologia.

Os trabalhos que visam a superação da dormência nessa família, em geral, avaliam mais de um tipo de tecnologia, por não se conhecer ao certo, o grau de dormência das espécies. Então, tratamentos como escarificação física, química e mecânica, embebição em água e estresses de temperatura, têm fornecido bons resultados. A escarificação mecânica realizada no tegumento das sementes, têm auxiliado pesquisadores e viveiristas na produção de mudas de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.), dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.) e Butia o [*Butia capitata* (Mart.) Becc. (Motoike et al., 2007; Myint et al., 2010; Fior et al., 2011)]. São apontadas por alguns autores, elevadas taxas de contaminação em sementes escarificadas, o que tem despertado atenção dos pesquisadores, que recentemente buscam tecnologias que permitam maximizar a germinação das sementes, sem que haja contaminação por microrganismos (Bovi, 1990; Pérez, 2009; Nazário & Ferreira, 2010; Dewir et al., 2011; Ribeiro et al., 2011c; Rodrigues Junior et al., 2013).

2.3.2 Dessecação das sementes

A dessecação das sementes visa a secagem parcial sem alterar suas atividades fisiológicas, possibilitando o armazenamento por longos períodos, por meio de condições adequadas de temperatura e ambiente, evitando a incidência de microrganismos que podem comprometer sua viabilidade. O comportamento diferenciado entre as espécies submetidas ao armazenamento levou à classificação das sementes como ortodoxas, recalcitrantes e intermediárias. Sementes ortodoxas toleram a dessecação e o armazenamento por longos períodos, enquanto que, sementes recalcitrantes, não toleram a redução do teor de água, bem como o armazenamento (Ferreira & Borghetti, 2004). O conhecimento atual sobre as técnicas de armazenamento de sementes é limitado às plantas de interesse agrícola. Pouco se conhece acerca das exigências das sementes da maioria das espécies silvestres (Fonseca & Freire, 2003).

Em palmeiras, a umidade crítica e letal é relativamente alta. De acordo com Nascimento & Silva (2005), a desidratação das sementes de açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) de 45% para 30,3% causa redução significativa em sua qualidade fisiológica. Os autores observaram que o processo de germinação foi totalmente interrompido, quando as sementes atingiram teor de água de 15%, confirmando o comportamento recalcitrante dessa espécie.

Da mesma forma ocorre para as sementes de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.), pois a desidratação para 21% de umidade intensificou o processo de deterioração. A deterioração das sementes afeta significativamente sua porcentagem de germinação e vigor, pois durante o processo de secagem, ocorrem danificações nas membranas celulares, tornando a germinação lenta e irregular (Ferreira & Santos, 1993).

De acordo com Queiroz & Cavalcante (1986), o dessecação das sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.) para 38,6% e plantio subsequente, ou seja, sem armazenamento, favoreceu a germinação, porém, após cinco meses de armazenamento a 3°C, houve redução de 90% do potencial germinativo. Por outro lado, Martins et al. (2009) trabalhando com sementes de palmito Jussara (*Euterpe edulis* Mart.) observaram que as sementes sem secagem superficial armazenadas a 10°C por trinta semanas, mantiveram a capacidade germinativa, evidenciando a importância do ambiente de armazenamento.

Para o babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), Rubio Neto et al. (2012) verificaram que a secagem das sementes a 37°C foi mais lenta que a secagem a 57°C e, que a redução no teor de água das sementes a 37°C para 9,26% não afetou a germinação *in vitro* e viabilidade dos embriões. Apesar da secagem a 57°C promover redução mais rápida do teor de água, a qualidade fisiológica foi totalmente prejudicada por este tipo de secagem. Este fato corrobora com os dados de Silva et al. (2012), em que a secagem a 37°C por diferentes períodos não resultou em perda da viabilidade, indicando possível comportamento ortodoxo para essa espécie.

2.3.3 Testes de vigor

No teste de tetrazólio a atividade das enzimas desidrogenases que atuam nos processos respiratórios, libera íons de hidrogênio que reagem com o cloreto de tetrazólio e formam uma substância de cor vermelha (formazam) que permite distinguir sementes viáveis de não viáveis, pela ausência da respiração. Por ser um teste rápido para determinar o vigor das sementes, o teste de tetrazólio tem sido adaptado a diferentes espécies de Arecaceae (Delouche et al., 1976).

O teste de tetrazólio se popularizou após a adaptação para a cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill], em que as sementes são pré-embebidas em água destilada, para ativação das enzimas, durante 16 horas e, posteriormente, são embebidas na solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio a 0,075%. Para adequação do teste de tetrazólio, as espécies da família Arecaceae são avaliadas sob diferentes concentrações do sal (de 0,075% a 1%) e tempos de embebição (de 2 horas a 6 horas). O alto teor de óleo nas sementes pode prejudicar a difusão da solução, comprometendo a avaliação. Por isso, este teste deve ser avaliado para cada espécie em particular. Segundo Ferreira & Sader (1987), o teste de tetrazólio deve ser correlacionado com o teste de germinação. A concentração mais utilizada tem sido de 0,5% e embebição no solução de tetrazólio para ativação enzimática de 4 horas em ambiente a 30°C (Ferreira & Sader, 1987; Reis et al., 1999; Spera et al., 2001; Ribeiro et al., 2010; Rubio Neto et al., 2012).

De acordo com a coloração que os embriões ficam após embebição na solução de tetrazólio, estes são classificados em diferentes classes de vigor. Na família Arecaceae, é essencial que haja coloração da região proximal do pecíolo, pois neste local se encontra o eixo embrionário. Portanto, embriões totalmente vermelho ou rosa,

são classificados como vigorosos. Embriões que possuem áreas sem coloração na região do pecíolo cotiledonar e haustório, são classificados como viáveis. Embriões com áreas sem coloração na região proximal do pecíolo, são classificados como inviáveis e embriões que não alteram a coloração são denominados como mortos (Ribeiro et al., 2010).

O teste de condutividade elétrica, fornece resposta rápida e precisa, pois se houver algum dano nas membranas celulares da semente, são liberados exsudatos presentes no interior da célula com a entrada de água durante a embebição, e quantificados pelo aparelho. Esse teste tem sido utilizado principalmente para avaliação do vigor em sementes de culturas anuais (Hepburn et al., 1984; Dias & Marcos Filho, 1996; Piña-Rodrigues et al., 2004). Portanto, a intensificação nas pesquisas nessa área, visando a separação dos lotes em diferentes classes de vigor, é de suma importância; mas até o momento, inexistentes para a família Arecaceae, principalmente com os embriões zigóticos, que têm sido utilizados para a cultura de embriões.

2.3.4 Cultura de embriões

A cultura de embriões zigóticos, técnica da cultura de tecidos, tem favorecido a produção de mudas de palmeiras, principalmente em espécies com problemas de dormência, como é o caso da macaúba, pois acelera o processo germinativo e fornece plantas uniformes (Melo et al., 2001; Spera et al., 2001; Dewir et al., 2011; Ribeiro et al., 2011a; Ribeiro et al., 2011b).

Na cultura de embriões, os trabalhos têm sido direcionados para à composição do meio de cultivo, pelo fato de haver grande diferença entre as espécies durante o estabelecimento e cultivo *in vitro*. Para a macaúba, verificou-se que após a fase de germinação, as plântulas requerem menores quantidades de nutrientes; portanto, para essa espécie, recomenda-se a utilização do meio MS - 50% (Murashige & Skoog, 1962) com 50% da concentração dos sais. Os estudos *in vitro* nessa família têm sido realizados principalmente com as espécies de impacto em mercados mundiais, em especial Coco da Bahia (*Cocos nucifera* L.), Tamareira (*Phoenix dactilyfera* L.) e dendê (*Elaeis guineenses* Jacq.), por serem de grande importância comercial (Angelo et al., 2009; Soares et al., 2011).

Um dos principais problemas que ocorrem na cultura de embriões é a alta taxa de oxidação, que pode ser controlada adicionando carvão ativado no meio de cultivo. Por outro lado, alguns autores relatam, que além de adsorver substâncias tóxicas, o carvão ativado também adsorve constituintes do meio de cultivo, principalmente reguladores de crescimento (Pan & Van Staden, 1998; Melo et al., 2001; Ribeiro et al., 2010; Magalhães et al., 2013).

Recentemente, foi verificado que o babaçu (*Orbigyna phalerata* Mart.) não é favorecido com a adição de carvão ativado, enquanto que o butiá (*Butia capitata* Becc.) e macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.] necessitam de 3g L⁻¹ e 2g L⁻¹, respectivamente, evidenciando que esses estudos devem ser realizados para cada espécie em particular. Outras medidas frequentemente adotadas, como limpeza do material em água corrente e incubação dos explantes em ambiente sem luz, fornecem ótimos resultados, visto que as principais enzimas relacionadas à oxidação, têm sua atividade e síntese aumentadas pela luz (Melo et al., 2001; Leite, 2012).

O sucesso da produção de mudas utilizando a cultura de embriões depende do estágio de maturação do embrião e composição do meio de cultivo, sendo imprescindíveis para o alongamento e crescimento da parte aérea e sistema radicular. A adição de carboidratos é determinante no crescimento *in vitro*, pelo fato de promover regulação osmótica do meio. A quantidade de carboidrato utilizada no meio de cultivo para o estabelecimento varia entre as espécies, sendo que, algumas espécies possuem germinação aumentada quando os embriões são cultivados em meio com 30% de sacarose, como é o caso da macaúba, enquanto que para murmuru (*Astrocharyum ulei* Mart.), não foi verificado aumento da germinação dos embriões com o aumento da concentração de sacarose, sendo recomendado apenas 15 g L⁻¹ (Pereira et al., 2006; Ribeiro et al., 2011b).

Apesar de ter sido usado com bastante êxito para diminuir o tempo de produção de mudas de palmeiras, a cultura de embriões é um grande gargalo. A germinação dos embriões zigóticos de uma planta não cespitosa (sem ramificações), possui taxa de multiplicação muito baixa, pois só será produzida uma única plântula, a partir de um embrião, o que deverá ser avaliado para as espécies, visando a multiplicação em maior escala. Por isso, a técnica da embriogênese somática possui vantagens sobre a cultura de tecidos tradicionais.

2.2 REFERÊNCIAS

ALBÁN, J.; MILLÁN, B.; KAHN, F. Situación actual de la investigación etnobotánica sobre palmeras de Perú. **Revista Peruana de Biología**, Lima, v. 15, n. 1, p. 133-142, 2008.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; LOPES, A. C.; MELLO, C. A.; GAMERO, C. A. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 337-346, 2007.

ANGELO, P. C. S.; LOPES, R.; MORAES, L. A. C.; CUNHA, R. N. V. Embryogenic calli induced in interspecific (*Elaeis guineensis* x *E. oleifera*) hybrid zygotic embryos. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 274-277, 2009.

BONOMI, A.; POÇO, J. G. R.; TRIELLI, M. A. Biocombustíveis: a solução brasileira para uma matriz energética sustentável. **Revista Brasileira de Engenharia Química**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 16-21, 2006.

BORSUK, L.; NODARI, R. O. Fontes alternativas de energia: agrocombustíveis a partir de recursos genéticos vegetais. In: NODARI, E. S. & KLUG, J. (Ed). **História ambiental e migrações**. São Leopoldo: Oikos, 2012, p. 202.

BOVI, M. L. A. Pré-embebição em água e porcentagem e velocidade de emergência de sementes de palmitero. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 1, p. 11-22, 1990.

BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M. I. Germinação de sementes de açaizeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 50-56, 1976.

BÜTTOW, M. V. I.; BARBIERI, R. L.; ROSSATO, M.; NEITZKE, R. S.; HEIDEN, G. Conhecimento tradicional associado ao uso de butiás (*Butia* spp., Arecaceae) no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1069-1075, 2009.

CHARLO, H. C. O.; MÔRO, F. V.; SILVA, V. L.; SILVA, B. M.; MÔRO, J. R. Aspectos morfológicos, germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de *Archontophoenix alexandrae* (F. Mueller) H. Wendl. e Drude (ARECACEAE) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 933-940, 2006.

CONFORTO, E. C.; CONTIN, D. R. Desenvolvimento do açaizeiro de terra firme, cultivar Pará, sob atenuação da radiação solar. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 979-983, 2009.

DELOUCHE, J. C.; STILL, T. W.; RASPET, M.; M., L. **O teste de tetrazólio para viabilidade da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1976. 103 p.

DEWIR, Y. H.; EL-MAHROUK, M. E. S.; NAIDOO, Y. Effects of some mechanical and chemical treatments on seed germination of Sabal palmetto and Thrinax morrisii palms. **Australian Journal of Crop Science**, Nova Zelândia, v. 5, n. 3, p. 248-253, 2011.

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. Testes de condutividade elétrica para avaliação do vigor de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 31-42, 1996.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre. Artmed. 2004, 323 p.

FERREIRA, S. A.; SADER, R. Avaliação da viabilidade de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* HBK) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 9, n. 2, p. 109-114, 1987.

FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 141-146, 2006.

FERREIRA, S. A. N.; SANTOS, L. A. Efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 23, n. 1, p. 3-8, 1993.

FIOR, C. S.; RODRIGUES, L. R.; LEONHARDT, C.; SCHWARZ, S. F. Superação de dormência em sementes de *Butia capitata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1150-1153, 2011.

FONSECA, S. C. L.; FREIRE, H. B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 297-303, 2003.

GONÇALVES, D. C. M.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; ARAÚJO, G. C.; ALMEIDA, L. S. Aspectos Mercadológicos dos Produtos não Madeireiros na Economia de Santarém-Pará, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 9-16, 2012.

HEPBURN, H. A.; POWELL, A. A.; MATTHWS, S. Problems associated with the routine application of electrical conductivity measurements of individual seeds in the

germination testing of peas and soybeans. **Seed Science and Technology**, Switzerland, v. 12, n. 2, p. 403-413, 1984.

IOSSI, E.; SADER, R.; MORO, F. V.; BARBOSA, J. C. Maturação fisiológica de sementes de *Phoenix roebelenii* O'Brien. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 147-154, 2007a.

IOSSI, E.; SADER, R.; MORO, F. V.; BARBOSA, J. C. Physiological maturation of *Phoenix roebelenii* O'Brien seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 147-154, 2007b.

KOBORI, N. N. **Germinação de sementes de *Livistona chinensis* (Jack.) R. Br. ex Mart. (Arecaceae)**. 2006. 34 f. (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

LEITE, M. S. **Cultivo *in vitro* de embriões de babaçu (*Orbignya oleifera* Burret.)**. 2012. 72 f. (Mestrado em Ciências Agrárias) - Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Instituto Federal Goiano, Rio Verde - GO, 2012.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MADEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa. Editora Plantarum. 2004, 432 p.

MAGALHÃES, H. M.; LOPES, P. S. N.; RIBEIRO, L. M.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; OLIVEIRA, D. M. T. Structure of the zygotic embryos and seedlings of *Butia capitata* (Arecaceae). **Trees**, Heidelberg, v. 27, n. 1, p. 273-283, 2013.

MARTINS-CORDER, M. P.; FIALHO, L. E. B.; ZAMBIAZI, D. C.; KONZEN, E. R. Análise da diversidade genética de populações de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.) através de marcadores isoenzimáticos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 2, p. 204-213, 2009.

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C. G. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 635-642, 2009.

MARTINS, C. C.; SILVA, W. R.; BOVI, M. L. A. Tratamentos pré-germinativos de sementes da palmeira inajá. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 123-128, 1996.

MELO, B.; PINTO, J.; LUZ, J. M. Q.; PEIXOTO, J. R.; JULIATTI, F. C. Diferentes antioxidantes no controle da oxidação, germinação e desenvolvimento das plântulas na cultura *in vitro* de embriões da guarirobeira (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1301-1306, 2001.

MOTA, C. S.; CORRÊA, T. R.; GROSSI, J. A. S.; RIBEIRO, A. S. Sustainable exploitation of macaúba for biodiesel production, harvest, postharvest and fruit quality. **Informe Agropecuário**, Uberaba, v. 32, n. 265, p. 41-51, 2011.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; SÁ JÚNIOR, A. Q.; CARVALHO, M.; OLIVEIRA, M. A. R. **Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero *Acrocomia***. INPI. (Protocolo 014070005335). 2007. 12 p.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-797, 1962.

MYINT, T.; CHANPRASERT, W.; SRIKUL, S. Germination of seed of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) as affected by different mechanical scarification methods. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 38, n. 3, p. 635-645, 2010.

NASCENTE, A. S.; PEIXOTO, N.; SANTOS, C. W. F. Peso de sementes e emergência de plântulas de Guariroba (*Syagrus oleracea* Becc). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 2, p. 77-79, 2007.

NASCIMENTO, W. M. O.; SILVA, W. R. Comportamento fisiológico de sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas à desidratação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 1-6, 2005.

NAZÁRIO, P.; FERREIRA, S. A. N. Emergence of *Astrocaryum aculeatum* seedlings according temperature and soaking period of seeds. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 165-170, 2010.

NUCCI, S. M. **Desenvolvimento, caracterização e análise da utilidade de marcadores microsatelites em genética de população de macaúba**. 2007. 84 f. (Mestrado Agricultura Tropical e Subtropical) - Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia, Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2007.

PAN, M. J.; VAN STADEN, J. The use of charcoal in *in vitro* culture— A review. **Plant Growth Regulation**, Netherlands, v. 26, n. 3, p. 155-163, 1998.

PAVLAK, M. C. M.; ZUNIGA, A. D.; LIMA, T. L. A.; ARÉVALO-PINEDO, A.; CARREIRO, S. C.; FLEURY, C. S.; SILVA, D. L. Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. **Evidência-Interdisciplinar**, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 7-24, 2007.

PENARIOL, A. P. **Germinação e morfologia de sementes de *Roystonea regia* (Kunth) OF Cook. (Arecaceae)**. 2007. 78 f. (Mestrado) - Programa de pós graduação em agronomia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Jaboticabal, 2007.

PEREIRA, J. E. S.; MACIEL, T. M. S.; COSTA, F. H. S.; PEREIRA, M. A. A. *In vitro* germination of murmuru zygotic embryos (*Astrocaryum ulei*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 251-256, 2006.

PÉREZ, H. E. Promoting germination in ornamental palm seeds through dormancy alleviation. **HortTechnology**, Alexandria, v. 19, n. 4, p. 682-685, 2009.

PIMENTEL, L. D.; DIAS, L. A. S.; PAES, J. M. V.; SATO, A. Y.; MOTOIKE, S. Y. Diversity in the genus *Acrocomia* and proposed subdivision of the species *Acrocoma aculeata*. **Informe Agropecuário**, Uberaba, v. 32, n. 265, p. 81-87, 2011.

PIÑA-RODRIGUES, F. M.; FIGLIOLIA, M. B.; PEIXOTO, M. C. Testes de qualidade. In: FERREIRA, A. G. & BORGHETTI, F. (Ed). **Germinação: Do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p. 283-298.

QUEIROZ, M. H.; CAVALCANTE, M. T. H. Efeito do dessecamento das sementes de palmitero na germinação e no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 83, n. 1, p. 121-125, 1986.

REIS, A.; PAULILO, M. T. S.; NAKAZONO, E. M.; VENTURI, S. Efeito de diferentes níveis de dessecamento na germinação de sementes de *Euterpe edulis* Martius-Arecaceae. **INSULA Revista de Botânica**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 31, 1999.

REIS, B. O.; SILVA, I. T.; SILVA, I. M. O. **Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açaí**. In: Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural. 2002, Campinas. p. 1-6.

RIBEIRO, L. M.; CONCEIÇÃO NEVES, S.; SILVA, P. O.; ANDRADE, I. G. Germinação de embriões zigóticos e desenvolvimento *in vitro* de coquinho-azedo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 133-139, 2011a.

RIBEIRO, L. M.; GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, D. M. T.; NEVES, S. C. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, 2010.

RIBEIRO, L. M.; NEVES, S. C.; SILVA, P. O.; ANDRADE, I. G. Germinação de embriões zigóticos e desenvolvimento *in vitro* de coquinho-azedo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 133-139, 2011b.

RIBEIRO, L. M.; SOUZA, P. P.; RODRIGUES, J.; OLIVEIRA, T. G. S.; GARCIA, Q. S. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, Switzerland, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011c.

ROCHA, C. B. R.; POTIGUARA, R. C. V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* Mart.(ARECACEAE). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 511-516, 2007.

ROCHA, K. M. R. **Biologia reprodutiva da palmeira Licuri [*Syagrus coronata* (MART.) BECC.] (Arecaceae) na ecorregião do raso da catarina, Bahia**. 2009. 82 f. (Mestrado) - Pós-graduação em Ciências Florestais (Silvicultura), Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2009.

RODRIGUES JUNIOR, A. G.; OLIVEIRA, T. G. S.; SOUZA, P. P.; RIBEIRO, L. M. Water uptake and pre-germination treatments in macaw palm (*Acrocomia aculeata*-Arecaceae) seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 99-105, 2013.

RUBIO NETO, A.; FREITAS, B. S. M.; SOUZA, A. L.; SILVA, F. G.; SALES, J. F.; PIRES, L. L. *In vitro* germination and growth of babassu (*Orbygnia phalerata* Mart.) embryos subjected to different drying temperatures. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 11, n. 46, p. 10605-10610, 2012.

SILVA, D. B.; SILVA, A. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, R. M. **Frutas do Cerrado**. Brasília. Embrapa Informação Tecnológica. 2001, 178 p.

SILVA, J. C.; BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Endocarpos de Babaçu e de Macaúba comparados a madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de carvão vegetal. **Ipef**, Piracicaba, v. 34, n. 1, p. 31-34, 1986.

SILVA, M. V. V.; SALES, J. F.; SILVA, F. G.; RUBIO NETO, A.; ALBERTO, P. S.; PEREIRA, F. D. The influence of moisture on the *in vitro* embryo germination and morphogenesis of babassu (*Orbigynia phalerata* Mart.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 453-458, 2012.

SOARES, J. D. R.; RODRIGUES, F. A.; PASQUAI, M.; NUNES, C. F.; ARAUJO, A. G. Germinação de embriões e crescimento inicial *in vitro* de macaúba. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 773-778, 2011.

SODRÉ, J. B. **Morfologia das palmeiras (plantas ornamentais e paisagismo)**. 2005. 62 f. Monografia, Universidade Federal de Lavras - UFL, Lavras - MG, 2005.

SPERA, M. R. N.; CUNHA, R.; TEIXEIRA, J. B. Quebra de dormência, viabilidade e conservação de sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1567-1572, 2001.

TE-CHATO, S.; HILAE, A. High-frequency plant regeneration through secondary somatic embryogenesis in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq. var. *tenera*). **Journal of Agricultural Technology**, Thailand, v. 3, n. 2, p. 345-357, 2007.

TOMLINSON, P. B. **The structural biology of palms**. Oxford University Press. 1990, 477 p.

TRACZ, A. L. A. **Propagação vegetativa de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) a partir de perfilhos**. 2005. 61 f. (Mestrado) - Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

VIANA, F. A. P. **Estudos sobre a germinação e morfo-anatomia do diásporo e da plântula de *Livistona rotundifolia* (Lam.) Mart. (Arecaceae)**. 2003. 76 f. (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

VIANA, M. C. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S.; PAES, J. M. V.; ALBERNAZ, W. M.; FRAGA, G. Growing macaúba in agroforestry systems. **Informe Agropecuario**, Uberaba, v. 32, n. 265, p. 70-80, 2011.

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

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 1-6, 2008.

3 VIABILIDADE DE EMBRIÕES ZIGÓTICOS DE MACAÚBA [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex. Mart.] EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DE SECAGEM

RESUMO

Como há grande interesse na produção de mudas de espécies com potencial oleaginoso, foi proposto para a macaúba, um protocolo que se baseia na secagem dos frutos para facilitar a extração das sementes. Objetivou-se com este estudo avaliar a influência de diferentes temperaturas de secagem na qualidade fisiológica de embriões zigóticos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.], a fim de otimizar o processo de secagem já existente na literatura. Para isto, frutos foram mantidos em estufa de circulação forçada a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, por diferentes tempos (0, 2, 4, 6 e 8 dias). Assim que atingido esses tempos, os frutos eram retirados da estufa para ser avaliado o teor de água de frutos e sementes, bem como a viabilidade e germinação *in vitro* dos embriões. Verificou-se, que com base no teor de água do fruto é possível estimar o teor de água da semente, sem que haja necessidade de sua extração, em ambas as temperaturas de secagem. A secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, apesar de reduzir em 50% o tempo demandado pelo processo de secagem a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, prejudicou a viabilidade e germinação dos embriões. Por isso, recomenda-se a secagem dos frutos a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, pois, mesmo após 16 dias de secagem ou redução do teor de água inicial dos frutos para 24,8%, onde os embriões ainda foram capazes de germinar.

Palavras-chave: desidratação; propagação; biodiesel; qualidade fisiológica; Arecaceae.

ABSTRACT

Because there is great interest in the production of seedlings of species with oil potential, a protocol based on the drying of fruits to facilitate seed extraction was proposed for macaw palm. The objective of this study was to evaluate the influence of

different drying temperatures on physiological quality of zygotic embryos of macaw palm [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.] in order to optimize the drying process already existing in the literature. For this, fruits were maintained in forced circulation oven at $57 \pm 2^\circ\text{C}$ and $37 \pm 2^\circ\text{C}$ for different times (0, 2, 4, 6 and 8 days). Once these times were reached, the fruits were removed from the oven so water content of fruits and seeds could be evaluated as well as *in vitro* germination and viability of the embryos, based on the water content of the fruit, it was found that is possible to estimate the water content of the seed, without the need for extraction, at both drying temperatures. Despite reducing by 50% the time required by the drying process at $37 \pm 2^\circ\text{C}$, drying at $57 \pm 2^\circ\text{C}$ damaged the germination and viability of the embryo. Therefore, it is recommended fruit drying at $37 \pm 2^\circ\text{C}$, since, even after 16 days of drying or reduction in the initial water content of the fruits to 24.8%, where embryos were still able to germinate.

Key words: dehydration; propagation; biodiesel; physiological quality; Arecaceae.

3.1 INTRODUÇÃO

A macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.] é também conhecida por bocaiúva, coco-de-espinha, macaúva, marcová e mucajá. A palmeira pode atingir de 10 m a 15 m de altura por 3 m a 4 m de diâmetro de copa. As folhas são aglomeradas no ápice do estipe, pinadas, com comprimento de até 5 m. Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, em forma de drupa globosa, com diâmetro de 2 cm a 5 cm, amarelos com epicarpo cartáceo, mesocarpo fino e fibroso. O endocarpo ósseo e enegrecido é fortemente aderido ao mesocarpo. As sementes, geralmente em número de uma a três, são oleaginosas, comestíveis e cobertas por fina camada de tegumento, que juntamente com o endocarpo, conferem elevado grau de dormência (Almeida et al., 1998; Silva et al., 2001; Lorenzi et al., 2004; Ramos et al., 2008).

Apesar das diversas formas de utilização, seu cultivo é inexpressivo, assim como ocorre para o tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) e areca [*Areca triandra* (Roxb.) ex Buch-Ham], principalmente devido à dificuldade de germinação e à carência de estudos nessa área. Sabe-se que, geralmente, a propagação das palmeiras ocorre por sementes, e estas possuem germinação lenta e desigual, pois a cobertura protetora (endocarpo) restringe a embebição de água, difusão do oxigênio e impõe resistência mecânica, resultando em problemas de emergência, caracterizando dormência do tipo física (Meerow, 1991; Ferreira & Gentil, 2006; Yang et al., 2007).

Devido à importância social, ambiental e econômica da espécie e dificuldade de propagação pelos métodos convencionais, foi proposto um protocolo de produção de mudas, em que os frutos passam por secagem em temperatura ambiente para facilitar o processo de remoção de endocarpo e extração das sementes. Posteriormente, recomenda-se a escarificação mecânica do tegumento, imersão em ácido giberélico, e semeadura em substrato esterilizado, o que pode tornar o processo demorado e oneroso (Motoike et al., 2007). Por isso, o estudo de outros protocolos são primordiais, visto que a produção de mudas dessa espécie ainda é incipiente. Como verificado por Ribeiro et al. (2011), a realização de escarificação mecânica e, posterior embebição das sementes em ácido giberélico, eleva a emergência das plântulas para 50%, após quatro semanas.

Para acelerar o processo de extração de sementes e garantir a sua qualidade física, é necessário diminuir o seu teor de água, para que estas se desprendam do endocarpo, evitando quebra durante a sua remoção. Entretanto, sabe-se que nessa família o teor de água crítico é relativamente alto, ou seja, mesmo com elevados teores de água pode haver perda total da viabilidade, assim como relatam Nascimento et al. (2007), que obtiveram redução progressiva na germinação de açáí (*Euterpe oleraceae* Mart.) quando as sementes atingiram 15% de teor de água por meio da desidratação em estufa a 30°C. Da mesma forma ocorre em sementes de palmito vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernandes), em que o vigor é afetado substancialmente, quando as sementes são desidratadas em câmara seca por 40 horas. Foi evidenciado também, diminuição da germinação das sementes dessa espécie ao longo do período de armazenamento (Martins et al., 2009).

Verifica-se na literatura, que tanto os teores de água, como os métodos de secagem e tempo de armazenamento podem interferir no processo germinativo das

espécies da família Arecaceae. Isto pelo fato da secagem promover baixa na umidade da semente, e conseqüentemente, afetar os processos metabólicos (Chien & Chen, 2008; Ribeiro et al., 2012). Para a macaúba, foi verificado que a secagem dos frutos por 7 dias a 37°C, permite extração de sementes fisicamente íntegras sem que haja perda em sua qualidade fisiológica (Rubio Neto et al., 2012).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a influência de diferentes temperaturas de secagem e teores de água na qualidade fisiológica dos embriões de macaúba, a fim de otimizar o processo de secagem já existente.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos Laboratórios de Sementes e Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde - GO, com frutos maduros de macaúba, coletados em janeiro de 2011 na fazenda Gameleira, município de Montes Claros de Goiás – GO (16° 07' S – 51° 18' W, altitude de 592 m).

3.2.1 Dessecação dos frutos em função do tempo de secagem

Foram descartados frutos danificados e, devido à alta heterogeneidade, os frutos foram padronizados em três classes, levando-se em consideração sua massa total. O número de frutos por classe seguiu a distribuição de frequência encontrada no campo, ou seja, quatro 4 frutos pequenos ($\leq 40,0$ g), 14 frutos médios (40,1-55,0 g) e 8 frutos grandes ($\geq 55,1$ g), totalizando um lote de 26 frutos, dos quais foram extraídos 40 embriões.

Para avaliar o efeito da temperatura de secagem, frutos inteiros foram submetidos à secagem em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de $57\pm 2^\circ\text{C}$ e a $37\pm 2^\circ\text{C}$, por 0, 2, 4, 6 e 8 dias.

3.2.2 Dessecação dos frutos em função do teor de água

Avaliou-se também, o efeito da temperatura de secagem sob diferentes teores de água. Assim que atingidos os referidos tempos, foi determinado o teor de água

dos frutos parcialmente secos a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, pelo método de estufa $105\pm 2^{\circ}\text{C}$, tomando como base o peso úmido, até atingirem massa constante, adaptando-se o método proposto por Brasil (2009). Posteriormente, outro lote de frutos foi retirado da estufa a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, assim que este atingia a mesma umidade encontrada nos frutos secos a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.1).

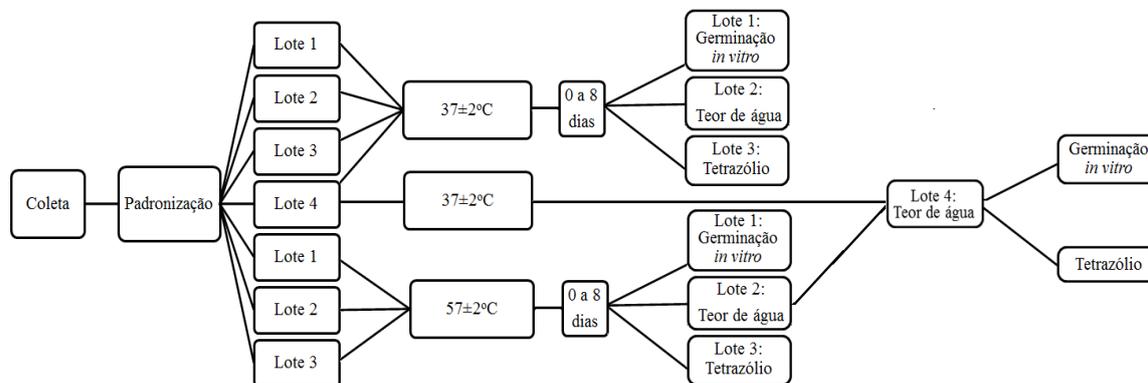


Figura 3.1. Esquema de processos para dessecação dos frutos, germinação *in vitro* e teste de vigor de embriões zigóticos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.].

3.3.3 Germinação *in vitro*

Para todos os tempos e teores de água, um lote de frutos foi retirado das estufas e quebrado com auxílio de marreta de 1,5 kg e uma placa de concreto, para avaliar a qualidade fisiológica do embrião. Para isso, utilizou-se a metodologia proposta por Rubio Neto et al. (2012). Após a inoculação em meio MS (Murashige & Skoog, 1962) com 50% de concentração dos sais, os embriões foram mantidos em sala de crescimento com temperatura de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, em ausência de luz por 15 dias. Após esse período, os embriões foram mantidos em fotoperíodo de 16 horas a $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ com radiação fotossintética ativa de $40\text{-}60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ fornecidos por lâmpadas fluorescentes. Realizou-se contagem diária para o cálculo do Índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire, 1962) e porcentagem de germinação. Também foi avaliado o comprimento das plântulas aos 60, 90 e 120 dias.

3.3.4 Teste de tetrazólio e condutividade elétrica

No instante em que os frutos de onde extraíram-se os embriões para germinação *in vitro* eram retirados da estufa, outro lote de frutos era retirado para ser avaliada a condutividade elétrica e viabilidade dos embriões. Para a condutividade elétrica os embriões foram embebidos em água deionizada (50 mL) durante 24 horas em ambiente com temperatura de 25°C. O teste de tetrazólio foi realizado adaptando-se a metodologia proposta por Ribeiro et al. (2010).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 (tempos de secagem e/ou teores de água) x 2 (temperaturas de secagem), utilizando-se quatro repetições de 15 embriões, efetuando-se a análise de variância, aplicando e análise de regressão.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Dessecação dos frutos em função do tempo de secagem

Por meio da análise de regressão foi possível constatar, que em ambas as temperaturas de secagem dos frutos, ocorreu perda de água de forma exponencial. Os modelos ajustados aos dados de desidratação foram significativos e evidenciaram redução no teor de água mais acentuado na secagem à temperatura de $57\pm 2^\circ\text{C}$ (Figura 3.2).

Verificou-se que por ocasião da colheita que os frutos possuíam teor de água superior a 40% e, após 8 dias de secagem os frutos atingiram 27% e 24,7%, para a secagem em estufa a $37\pm 2^\circ\text{C}$ e a $57\pm 2^\circ\text{C}$, respectivamente. A perda de água foi mais drástica nos frutos desidratados a $57\pm 2^\circ\text{C}$ (Figura 3.2A), corroborando os dados de secagem encontrados por Rubio Neto et al. (2012).

O melhor modelo para explicar a perda de água nas sementes foi diferente entre as temperaturas de secagem, sendo linear para a secagem $37\pm 2^\circ\text{C}$ e quadrático na secagem a $57\pm 2^\circ\text{C}$. O mesmo foi observado na secagem dos frutos, em que os modelos foram significativos, com perda de água mais acentuada na secagem a $57\pm 2^\circ\text{C}$. As sementes possuíam inicialmente 25% de teor de água e atingiram ao final de 8 dias de

secagem, 19,4% e 7,15%, quando desidratadas a $37\pm 2^\circ\text{C}$ e $57\pm 2^\circ\text{C}$, respectivamente (Figura 3.2).

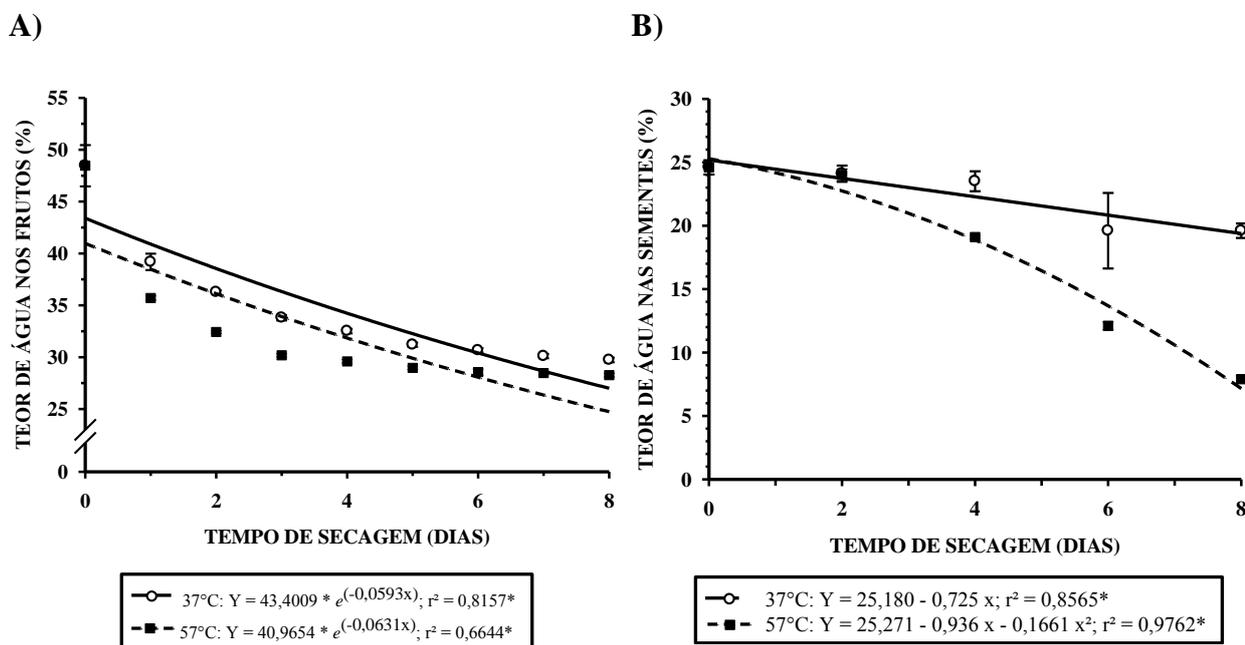


Figura 3.2. Teor de água em frutos (A) e sementes (B) de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] submetida à secagem em estufa de circulação forçada, por diferentes tempos e temperaturas de secagem ($37\pm 2^\circ\text{C}$ e $57\pm 2^\circ\text{C}$). *Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Rio Verde (GO), 2013.

Verificou-se correlação positiva entre os teores de água de frutos e sementes, com $r=0,4791^*$ e $r=0,7244^*$, na secagem a $37\pm 2^\circ\text{C}$ e $57\pm 2^\circ\text{C}$, respectivamente. Assim, foi possível relacionar o teor de água das sementes com o teor de água dos frutos. Percebe-se que o comportamento de perda de água de frutos e sementes desidratados a $37\pm 2^\circ\text{C}$ ocorreu na ordem de 1:0,23% (Figura 3.3A), enquanto que na secagem a $57\pm 2^\circ\text{C}$ essa ocorreu na razão de 1:0,71% (Figura 3.3B). Isso evidencia que a secagem nessa última temperatura é aproximadamente três vezes mais rápida que a $37\pm 2^\circ\text{C}$.

O comportamento de perda de água das sementes em função da secagem dos frutos de macaúba, foi inicialmente observado por Rubio Neto et al. (2012). Estes autores encontraram a proporção de secagem muito semelhante à obtida nesse trabalho (1:0,20%) quando os frutos foram desidratados a $37\pm 2^\circ\text{C}$. Já para o babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), foi verificado nesta mesma temperatura de secagem, que a relação de perda de água das sementes ocorre na ordem de 1:0,87% e, que a secagem a $57\pm 2^\circ\text{C}$,

também reduziu a porcentagem de germinação (Silva et al., 2012). Isso evidencia ainda mais a importância de se estudar a influência da secagem dos frutos sobre o teor de água nas sementes para cada espécie em particular, para que dessa forma, encontrem-se os teores de água da semente de maior interesse, com base no teor de água do fruto, sem a necessidade de remoção e destruição das sementes para determinação do teor de água.

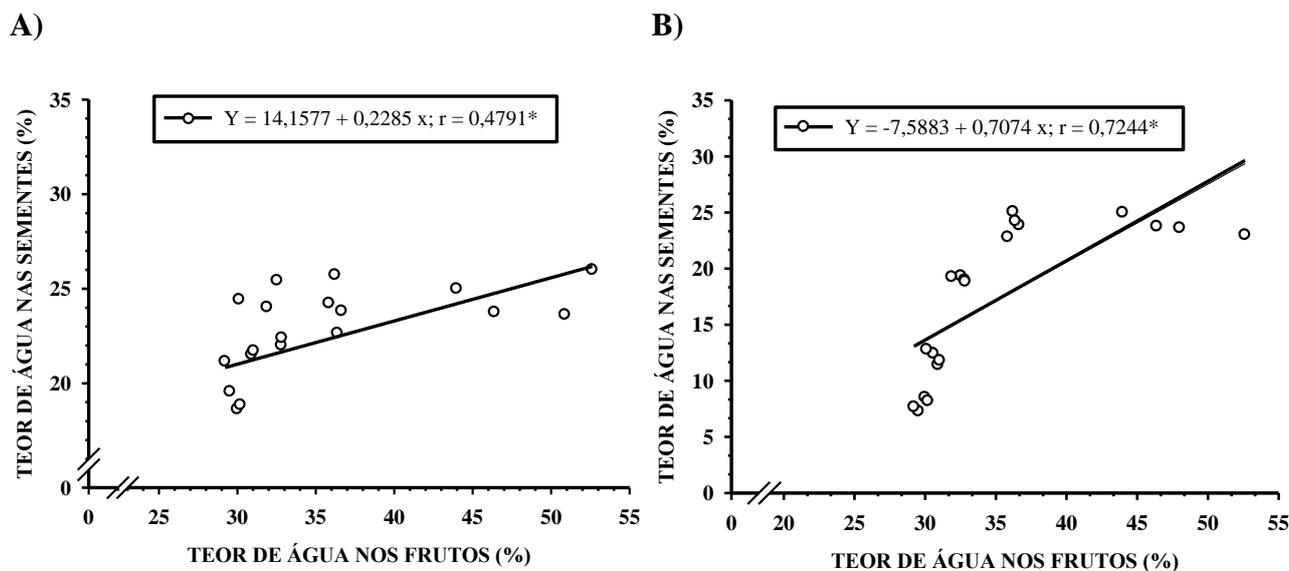


Figura 3.3. Relação entre teor de água de frutos e sementes de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] desidratados por 8 dias em estufa a 37°C (A) e 57°C (B). *Significativo a 5% de probabilidade. Rio Verde (GO), 2013.

3.3.2 Dessecação dos frutos em função do teor de água

Em relação aos teores de água obtidos em diferentes temperaturas de secagem, verificou-se, de acordo com os modelos matemáticos ajustados aos dados, que a secagem a 37±2°C demandou aproximadamente o dobro do tempo, para atingir os mesmos teores de água obtidos na secagem a 57±2°C. Assim, o mesmo teor de água obtido na secagem a 57±2°C aos 8 dias de secagem (24,8%), só foi alcançado após 16 dias na secagem a 37±2°C (Figura 3.4).

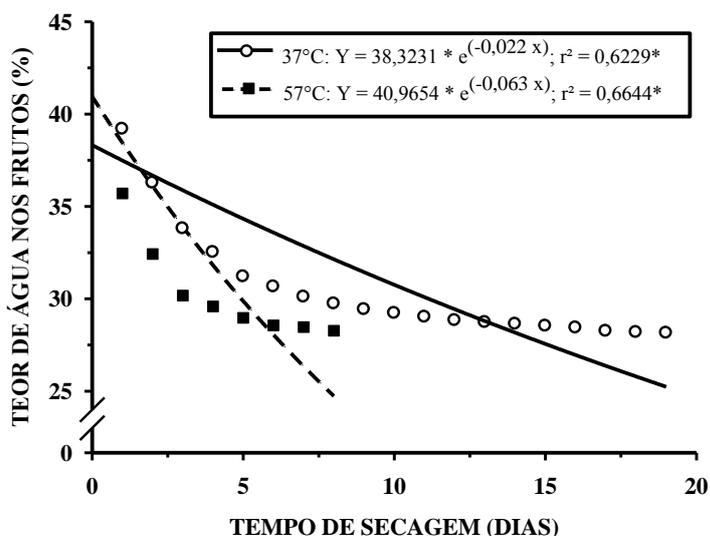


Figura 3.4. Teor de água em frutos (A) e sementes (B) de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] submetida à secagem por diferentes tempos e temperaturas. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade. Rio Verde (GO), 2013.

3.3.3 Germinação *in vitro*

De acordo com Rubio Neto et al. (2012), a secagem dos frutos a 37°C por até 8 dias, facilita a extração das sementes íntegras sem que haja perda de vigor e viabilidade dos embriões. Neste trabalho, verificou-se redução linear no índice de velocidade de germinação dos embriões à medida que se aumentou o tempo de secagem, a 57±2°C. Na secagem a 37±2°C, tanto porcentagem, quanto velocidade de germinação, mantiveram-se estáveis com o aumento do tempo, atingindo 0,05% e 81,2%, respectivamente, resultado aqui considerado satisfatório (Figura 3.5B).

De acordo com a Figura 3.5A foi constatada redução exponencial na porcentagem de germinação à medida que se aumentou o tempo de secagem, a 57±2°C, atingindo 2,85% de germinação após 8 dias, enquanto que, a 37°C, a germinação manteve-se estável, atingindo média geral de 85,8%. É importante ressaltar que a secagem na temperatura de 57±2°C promoveu redução mais acentuada da porcentagem e velocidade de germinação, comprometendo a qualidade fisiológica dos embriões (Figura 3.8B). A secagem a 37±2°C também não afetou a porcentagem de germinação dos embriões de babaçu, com média de 93,3% após 12 dias (Silva et al., 2012).

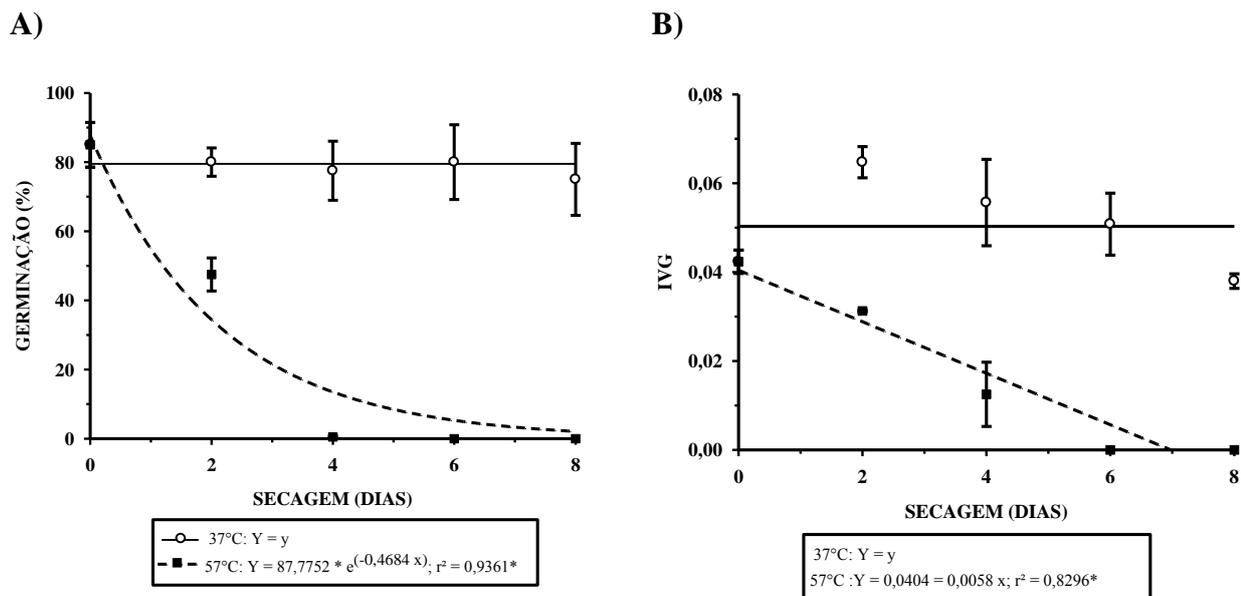


Figura 3.5. Porcentagem e índice de velocidade de germinação (IVG) dos embriões zigóticos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] extraídos de frutos desidratados por diferentes tempos e temperaturas de secagem de $37\pm 2^\circ\text{C}$ e $57\pm 2^\circ\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013.

Apesar da secagem a $57\pm 2^\circ\text{C}$ ser mais efetiva na perda de água dos frutos, essa, diminui drasticamente a qualidade fisiológica dos embriões, em que, houve redução linear na porcentagem de germinação, sendo esse processo totalmente interrompido quando os frutos atingiram teor de água inferior a 30%. Enquanto a secagem dos frutos a $37\pm 2^\circ\text{C}$ foi mais superficial e, apesar de não ter sido encontrado nenhum modelo matemático capaz de explicar o comportamento dos dados, verificou-se porcentagem de germinação média geral de 70,6% (Figura 3.6A e B).

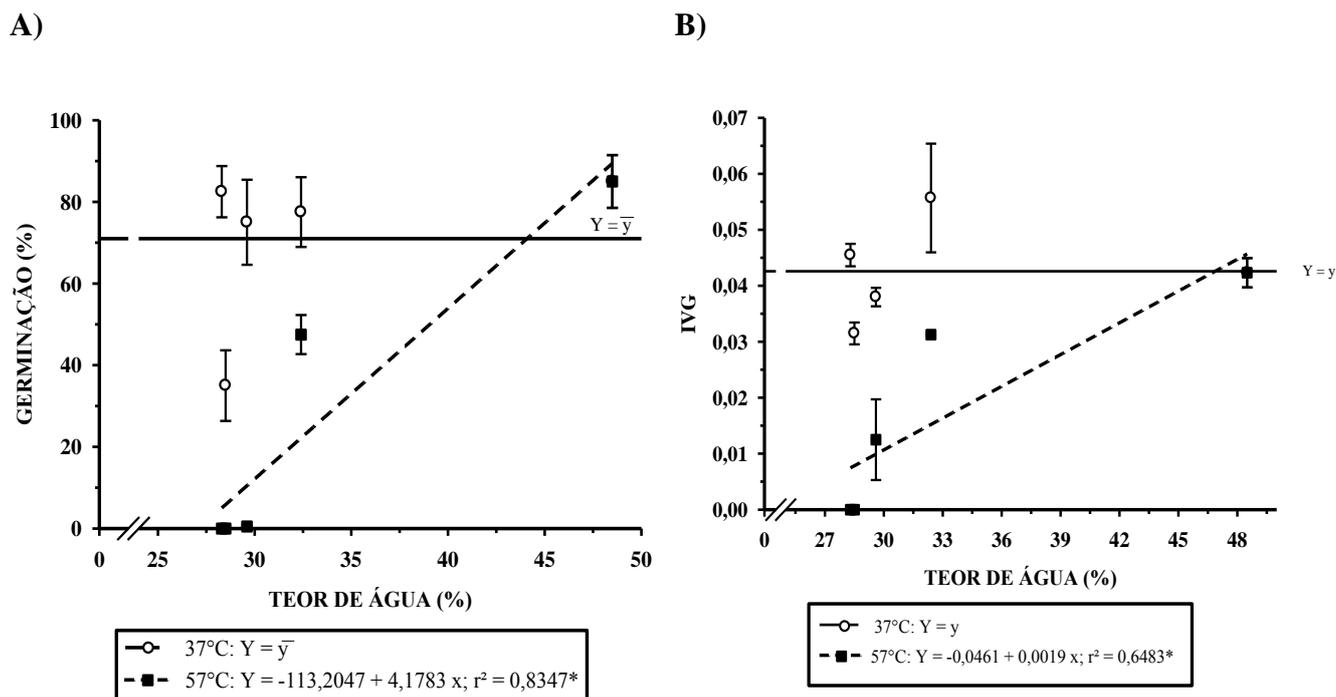


Figura 3.6. Germinação (A) e índice de velocidade de germinação (IVG) (B) de embriões de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] obtidos de sementes com diferentes teores de água. Rio Verde (GO), 2013.

3.3.4 Teste de tetrazólio e condutividade elétrica

A utilização da metodologia do teste de tetrazólio proposta por Ribeiro et al. (2010) permitiu coloração adequada dos embriões, tornando possível a identificação de seu vigor. Foi constatada, ausência de embriões vigorosos e viáveis, com elevada mortalidade para todos os tempos de secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, evidenciando o efeito deletério dessa temperatura. Já na secagem a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, à medida que se aumentou o tempo de secagem, houve redução na porcentagem de embriões viáveis (Figura 3.7).

Foi verificada interação entre os fatores tempo e temperatura de secagem, que foram discutidos em conjunto. A metodologia de tetrazólio proposta por Ribeiro et al. (2010) classifica os embriões de acordo com a coloração em vigorosos, viáveis, inviáveis e mortos.

De acordo com a Figura 3.8A, foi constatada redução linear na porcentagem de embriões vigorosos, à medida que se aumentou o tempo de secagem dos frutos a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$. Na secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ não foi possível ajustar um modelo matemático para explicar o comportamento dos dados, portanto, foi ajustada a média. Nesta, verificou

que, independentemente do tempo de secagem houve baixa porcentagem de embriões vigorosos, atingindo média de 18% após 8 dias. A redução linear na porcentagem de embriões vigorosos, não é preocupante, pois percebe-se na Figura 3.7B, que os embriões que estavam inicialmente vigorosos passaram para a classe de vigor definida como viáveis, que também são capazes de germinar *in vitro*. Foi verificado que 39,2% dos embriões eram viáveis, quando os frutos são desidratados a 37°C. Resultado semelhante foi verificado na germinação *in vitro*. Outro fator a ser considerado é que o processo de secagem facilita substancialmente a retirada de sementes fisicamente íntegras e mantém a germinação *in vitro* ao longo do período de secagem avaliado (Rubio Neto et al., 2012).

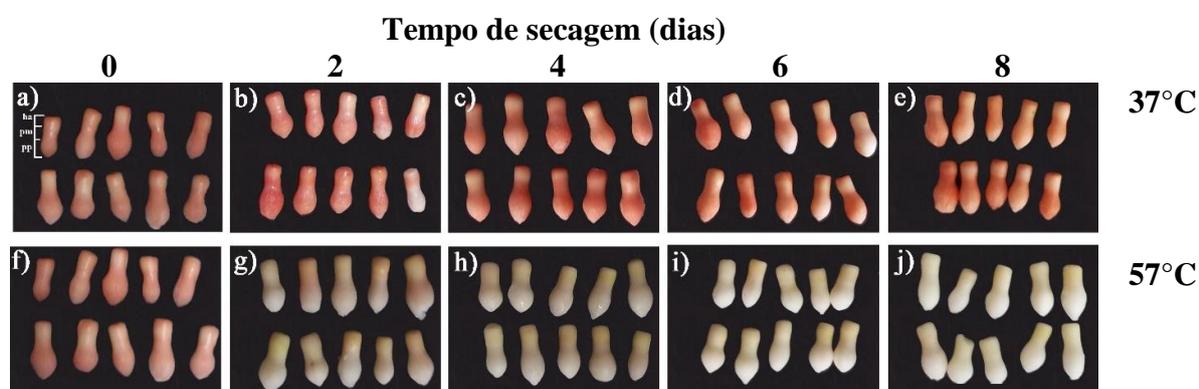


Figura 3.7. Embriões zigóticos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] submetidos ao teste de tetrazólio (Barra = 4 mm). No embrião destacam-se as regiões do haustório (ha), mediana (pm) e proximal do pecíolo (pp). a) e f) embriões obtidos de frutos sem secagem; b) a e) embriões obtidos de frutos desidratados a 37±2°C, por 2, 4, 6 e 8 dias, respectivamente; g) a j) embriões obtidos de frutos desidratados a 57±2°C. Rio Verde (GO), 2013.

Em relação aos embriões inviáveis e mortos, que são aqueles que não germinam *in vitro*, verificou-se os maiores valores para a secagem a 57°C. Não foi possível ajustar um modelo matemático para explicar o comportamento dos dados; entretanto, foi evidente o efeito deletério da secagem sob a sua viabilidade, atingindo média de 26%, independentemente do tempo de secagem (Figura 3.8C).

Foi observado que a secagem a 37°C minimizou a mortalidade dos embriões, atingindo média de 0,3%. Por outro lado, a secagem a 57°C, apesar de ser mais rápida, elevou a mortalidade significativamente, atingindo média de 80%, este fato

evidencia a superioridade da secagem à temperatura de 37°C, pois permite a secagem sem perda na qualidade fisiológica dos embriões (Figura 3.8D).

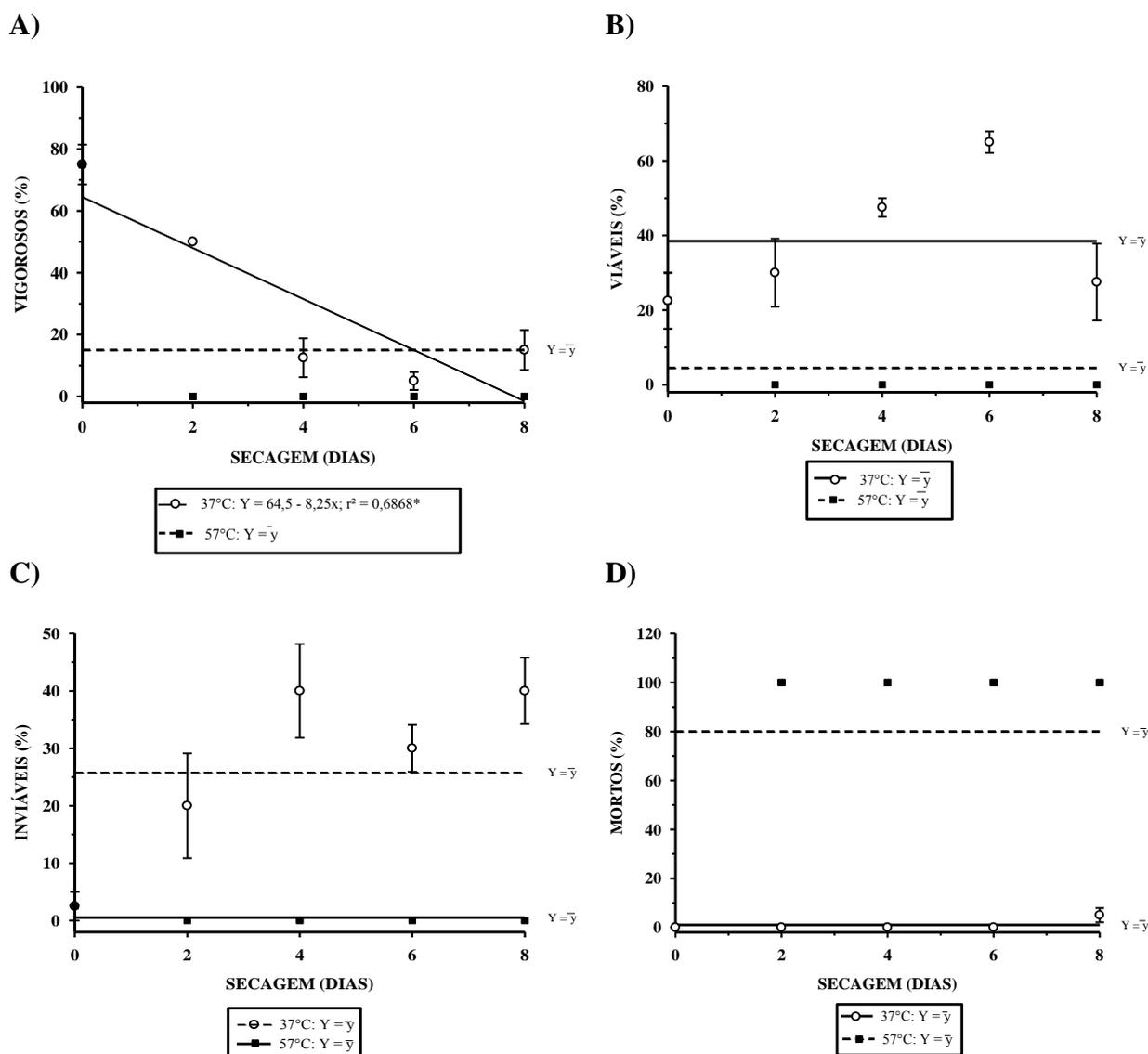


Figura 3.8. Porcentagem de embriões zigóticos vigorosos (A), viáveis (B), inviáveis (C) e mortos (D) de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] extraídos de frutos desidratados por diferentes tempos e temperaturas de secagem de 37±2°C e 57±2°C. Rio Verde (GO), 2013.

A quantidade de íons liberados pelo embrião, devido a fissuras provocadas em suas membranas pelo processo de secagem, resultou em aumento exponencial da condutividade elétrica no segundo dia de secagem, em ambas as temperaturas. Não houve interação entre os fatores tempos e temperatura de secagem, que também não diferiram entre si. A partir do segundo dia de secagem, a condutividade elétrica praticamente manteve-se estável (Figura 3.9). Entretanto, esse comportamento sugere

que novos estudos devem ser realizados para ajustar a metodologia de determinação da condutividade elétrica, pois, provavelmente, embriões desidratados e submetidos à embebição em água destilada e deionizada por 24 horas, como sugerido na metodologia proposta por Brasil (2009), têm suas membranas afetadas; portanto, a embebição dos embriões por período menor ao sugerido nessa metodologia pode ser mais eficiente.

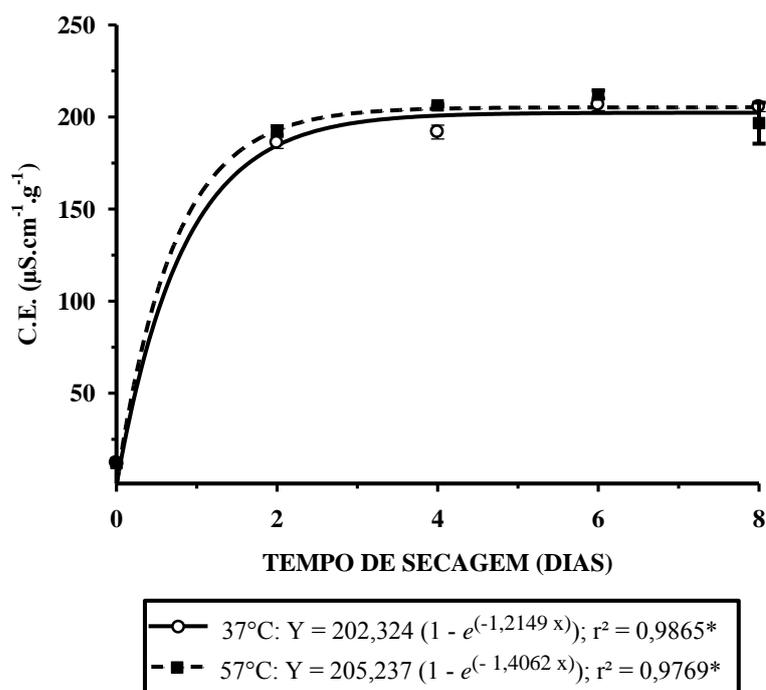


Figura 3.9. Condutividade elétrica (C.E.) em embriões zigóticos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] extraídos de frutos desidratados por diferentes tempos e temperaturas de secagem de $37\pm 2^\circ\text{C}$ e $57\pm 2^\circ\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013.

3.4 CONCLUSÃO

- É possível estimar o teor de água das sementes de macaúba com base no teor de água dos frutos, em ambas as temperaturas de secagem avaliadas ($37\pm 2^\circ\text{C}$ e $57\pm 2^\circ\text{C}$).

- A secagem a $57\pm 2^\circ\text{C}$, apesar de ser mais rápida, não é efetiva, prejudicando a viabilidade e germinação dos embriões, ao contrário da secagem a $37\pm 2^\circ\text{C}$.

3.5 AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Arlindo Thomáz da Silva e família e, a CAPES e CNPq pelo auxílio das bolsas estudos do primeiro e segundo autor, respectivamente.

3.6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, M.; RIBEIRO, J. F. **CERRADO: espécies de vegetais úteis**. Planaltina - DF. EMBRAPA - CPAC. 1998, 464 p.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária 2009. 399 p.

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

FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 141-146, 2006.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MADEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa. Editora Plantarum. 2004, 432 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C. G. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 635-642, 2009.

MEEROW, A. W. **Palm seed germination**. Florida: Cooperative Extension Service, 1991. 10 p.

MOTOIKE, S. Y.; LOPES, F. A.; SÁ JÚNIOR, A. Q.; CARVALHO, M.; OLIVEIRA, M. A. R. **Processo de germinação e produção de sementes pré-germinadas de palmeiras do gênero *Acrocomia***. INPI. (Protocolo 014070005335). 2007. 12 p.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-797, 1962.

NASCIMENTO, W. M. O.; NOVENBRE, A.; CICERO, S. M. Consequências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 38-43, 2007.

RAMOS, M. I. L.; RAMOS FILHO, M. M.; HIANE, P. A.; BRATO, J. A.; SIQUEIRA, E. M. Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 90-94, 2008.

RIBEIRO, L. M.; GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, D. M. T.; NEVES, S. C. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, 2010.

RIBEIRO, L. M.; OLIVEIRA, T. G. S.; CARVALHO, V. S.; SILVA, P. O.; NEVES, S. C.; GARCIA, Q. S. The behaviour of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) seeds during storage. **Seed Science and Technology**, Switzerland, v. 40, n. 3, p. 344-353, 2012.

RIBEIRO, L. M.; SOUZA, P. P.; RODRIGUES, J.; OLIVEIRA, T. G. S.; GARCIA, Q. S. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, Switzerland, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011.

RUBIO NETO, A.; SILVA, F. G.; SALES, J. F.; REIS, E. F.; SILVA, M. V. V.; SOUZA, A. L. Effect of drying and soaking fruits and seeds on germination of macaw palm (*Acrocomia aculeata* [Jacq.] Loddiges ex MART.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 179-185, 2012.

SILVA, D. B.; SILVA, A. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, R. M. **Frutas do Cerrado**. Brasília. Embrapa Informação Tecnológica. 2001, 178 p.

SILVA, M. V. V.; SALES, J. F.; SILVA, F. G.; RUBIO NETO, A.; ALBERTO, P. S.; PEREIRA, F. D. The influence of moisture on the *in vitro* embryo germination and morphogenesis of babassu (*Orbignya phalerata* Mart.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 453-458, 2012.

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

4 MATURAÇÃO DO FRUTO E CONCENTRAÇÃO DE SACAROSE NA GERMINAÇÃO *IN VITRO* DE EMBRIÕES ZIGÓTICOS DE MACAÚBA

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a influência da concentração de sacarose na viabilidade de embriões zigóticos da macaúba com diferentes estádios de maturação. Para isso, foram avaliados frutos em dois estádios de maturação, de acordo com a intensidade da cor no epicarpo, frutos de epicarpo levemente marrom (classe I) e epicarpo marrom intenso (classe II). Nas análises biométricas, não houve diferença para o diâmetro equatorial entre as duas classes de maturação. Por outro lado o diâmetro longitudinal, em frutos da classe II foram maiores, atingindo média de 4,48 cm. Independente da classe de maturação, o rendimento da extração atingiu média de 409,9 sementes hora homem⁻¹. Em frutos pertencentes à classe I, obteve-se maior número de sementes íntegras e sementes trincadas, 38,99% e 40,01%, respectivamente. Não houve diferença na porcentagem de germinação dos embriões obtidos de frutos em diferentes estádios de maturação. As maiores porcentagens de germinação (>80%) foram verificadas em meio acrescido de 37,6 g L⁻¹ de sacarose, para os embriões de frutos da classe I e, de 36,6 g L⁻¹, para os frutos da classe II. O maior crescimento inicial ocorreu em meio com 33,4 g L⁻¹ e 41,9 g L⁻¹ de sacarose, para classe I e II.

Palavras-chave: Arecaceae, *Acrocomia aculeata*; viabilidade; biometria; germinação.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of sucrose concentration on the viability of zygotic embryos of macaw palm with different maturation stages. Thus, fruit were evaluated at two stages of maturity, according to the intensity of color in the epicarp, lightly brown epicarp fruits (class I) and intense brown epicarp (class II). Regarding the biometric analysis, there was no difference for the equatorial diameter

between the two maturity classes. On the other hand, the longitudinal diameter on class II fruits were larger, reaching a mean of 4.48 cm. Regardless of the class of maturation, the extraction yield reached an average of 409.9 seeds hour man⁻¹. In fruits belonging to class I, a larger number of whole seeds and cracked seeds was obtained, 38.99% and 40.01%, respectively. There was no difference in the percentage of germination of embryos obtained from fruits at different stages of maturation. The highest germination percentages (> 80%) were observed in medium supplemented with 37.6 g L⁻¹ sucrose, for embryos of class I fruit and 36.6 g L⁻¹ for the fruits of the class II. The higher initial growth occurred in medium with 33.4 g L⁻¹ and 41.9 g L⁻¹ sucrose, for class I and II.

Key words: Areaceae, *Acrocomia aculeata*; viability; biometrics; germination.

4.1 INTRODUÇÃO

A macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] destaca-se por ser altamente produtiva, com ampla distribuição geográfica e várias aplicações. A polpa pode ser consumida *in natura*. As folhas podem ser utilizadas para a produção de feno, e, o endocarpo, pode ser utilizado na fabricação de carvão vegetal. As amêndoas também podem ter uso alimentício ou oleaginoso (Moura et al., 2010a; Manfio et al., 2012).

A principal forma de reprodução da espécie é sexuada, porém, pouco se conhece desse mecanismo. Sabe-se que, em geral, a germinação em Areaceae ocorre lentamente, irregular e em baixas porcentagens, podendo este fato ser decorrente de dormência. Mecanismo muito comum nessa família, em que as sementes não germinam, mesmo quando expostas a condições ambientais favoráveis, sendo este fator muito limitante no estabelecimento de plantações comerciais de macaúba (Ribeiro et al., 2011).

Dessa forma, o cultivo *in vitro* de embriões isolados, por meio de técnicas de micropropagação, torna-se interessante alternativa no processo de propagação clonal em escala comercial, principalmente com espécies que possuem problemas relacionados à germinação (Garcia et al., 2002; Tzec-Sima et al., 2006). Sabe-se também, que o grau de maturação dos frutos pode afetar diretamente o sucesso do cultivo *in vitro* de embriões de algumas espécies. No entanto, estudos com Areaceas têm evidenciado

bons resultados no cultivo *in vitro* a partir de embriões oriundos de frutos maduros (Neves et al., 2011) e imaturos (Pereira et al., 2006).

Estudos sobre a demanda por sacarose podem contribuir para melhor conhecimento nutricional e de maturação dos embriões, além de fornecer subsídios para entendimento do processo germinativo (Ribeiro et al., 2011). Sabe-se, que embriões maduros estão mais aptos a germinar, mesmo em meio sem alguma fonte de energia. Entretanto, a adição de carboidratos é determinante no desenvolvimento *in vitro*, devido a fonte de carboidratos e regulação osmótica do meio (Hu & Ferreira, 1998). A quantidade de carboidrato utilizada no meio de cultivo para o estabelecimento varia entre as espécies, sendo que, algumas espécies tem germinação aumentada quando os embriões são cultivados em meio com 30% de sacarose, como é o caso da macaúba, enquanto que, para o murmuru (*Astrocharyum ulei* Burret.), não foi verificado aumento da germinação dos embriões com o aumento da concentração de sacarose, sendo recomendado apenas 15 g L⁻¹ (Pereira et al., 2006).

Nas espécies arbóreas tropicais é encontrada grande variabilidade com relação ao tamanho dos frutos, bem como tamanho e número de sementes. Análises biométricas constituem em instrumento importante para detectar a variabilidade genética dentro e, entre, populações da mesma espécie (Cruz et al., 2001; Gusmão et al., 2006).

Neste contexto, considerando-se a escassez de estudos sobre a espécie, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da maturidade do embrião e a concentração de sacarose na viabilidade de embriões zigóticos de macaúba no cultivo *in vitro*.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos nos Laboratórios de Sementes e Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde - GO, com frutos de macaúba coletados em plantas adultas, em abril de 2011, na fazenda Gameleira, município de Montes Claros de Goiás - GO (16° 07' S – 51° 18' W, altitude de 592 m).

4.2.1 Classes de maturação

Após a coleta, os frutos tiveram suas brácteas retiradas, sendo descartados aqueles danificados. Posteriormente, estes foram homogeneizados, levando-se em consideração sua massa total. Inicialmente, o epicarpo dos frutos de macaúba é verde e, com o desenvolvimento completo, no momento da senescência, passa a ser marrom. Assim, os tratamentos foram compostos de dois estádios de maturação, de acordo com a intensidade da cor marrom no epicarpo, classificando-os em frutos levemente marrons (classe I, Figura 4.1A), sendo esses coletados em cachos de macaúba e, frutos de coloração marrom intenso (classe II), coletados em cachos e no chão (Figura 4.1B).



Figura 4.1. Estádios de maturação de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. ex Mart.] de acordo com a cor do epicarpo: (A) frutos levemente marrons e presença de verde, (B) frutos inteiros marrom intenso. Rio Verde (GO), 2013.

4.2.2 Extração das sementes

Para avaliação do processo de extração, procedeu-se a quebra do endocarpo com auxílio de uma marreta de 1,5 kg e placa de concreto, seguindo a metodologia de avaliação proposta por Ferreira & Gentil (2006), que consiste em porcentagem de sementes fisicamente íntegras, sementes com danos mecânicos visíveis, sementes completamente quebradas e, sementes que permaneceram aderidas ao endocarpo dos frutos.

Os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva e, então, à análise de correlação, calculando-se o coeficiente de correlação Pearson (r). Para as

análises biométricas, considerou-se quatro repetições de 30 frutos, totalizando 120 frutos de cada grau de maturação.

4.2.3 Biometria

Para determinar o diâmetro dos frutos foi utilizado paquímetro digital. Os dados foram submetidos a análise descritiva e, então, submetidos a análise de correlação, calculando-se o coeficiente de Pearson (r). Nas análises biométricas, verificou-se que os frutos possuíam diâmetro equatorial médio, independente da classe de maturação, de 4,00 cm a 5,92 cm e diâmetro longitudinal de 4,36 cm a 4,48 cm, com média de 1,41 e 1,71 sementes por fruto da classe I e classe II, respectivamente.

4.2.4 Germinação *in vitro* e crescimento inicial

Para avaliação do efeito da maturidade dos frutos na viabilidade dos embriões, as sementes foram extraídas, dos frutos nas duas classes de maturação. Posteriormente, os embriões foram removidos com auxílio de bisturi e, então, permaneceram sobre caixas plásticas do tipo “Gerbox”, contendo solução de ácido ascórbico a 1 mg L^{-1} , para evitar desidratação e oxidação.

Os embriões foram revestidos por gaze e levados a câmara de fluxo laminar, onde foram imersos em álcool 70% por 30 segundos, seguido de solução a 20% de hipoclorito de sódio - NaOCl (água sanitária comercial – 2,5% de cloro ativo) por 20 minutos e, enxaguados por três vezes com água estéril. Em seguida, foram inoculados em tubos de ensaio contendo 20 mL de meio MS (Murashige & Skoog, 1962) com 50% dos sais, suplementado com $0,1 \text{ g L}^{-1}$ de mioinositol, 2 g L^{-1} de carvão ativado e solidificado com $3,5 \text{ g L}^{-1}$ de ágar, combinados com diferentes concentrações de sacarose (0; 15; 30 e 60 g L^{-1}). O pH do meio de cultivo foi ajustado para $5,7 \pm 0,3$ antes da autoclavagem à temperatura de 121°C .

Após a inoculação, os embriões foram mantidos em sala de crescimento com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$, em ausência de luz por 15 dias e, após esse período, foram transferidos para condição de fotoperíodo de 16 horas com radiação fotossintética ativa

de 40-45 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fornecidos por lâmpadas fluorescentes. Foi avaliada a porcentagem final de germinação, bem como o comprimento das plântulas aos 90 dias.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 (estádios de maturação) x 4 (concentrações de sacarose), com quatro repetições de cinco embriões. Os dados numéricos foram avaliados estatisticamente, mediante análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e, quando necessário, analisado por análise de regressão.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observações feitas por Moura et al. (2010b) verificaram, por meio de análises biométricas, verificaram que os frutos de coquinho azedo [*Butia capitata* (Mart.) Becc.] possuem formato mais alongado e, que o maior tamanho e massa média do fruto são bons indicativos para a seleção de frutos pela indústria de processamento e para a produção de mudas. Nesse trabalho não foi encontrado nenhum fruto sem semente. Diferenciando dos resultados obtidos por Rivas & Barilani (2004), que observaram para essa mesma espécie, frutos sem sementes, evidenciando-se a necessidade de se realizar estudos biométricos para cada espécie em particular.

4.3.1 Extração das sementes

Em relação aos dados de extração das sementes, verificou-se que, independente da classe de maturação, o rendimento da extração foi o mesmo entre as classes, atingindo, em média 406,5 e 413,3 sementes.hora.homem⁻¹, para classe I e II, respectivamente. Entretanto, em frutos pertencentes à classe I foi possível obter-se maior porcentagem de sementes fisicamente íntegras e trincadas, 38,99% e 40,01% (Figura 4.2 A e B, respectivamente), quando comparados à extração daqueles da classe II. As sementes trincadas são aquelas que possuem dano físico visível em pequenas proporções no tegumento, tendo seu eixo embrionário totalmente intacto. Por isso, essas duas classificações são indicadas para o plantio ou extração dos embriões (Tabela 4.1).

Nos frutos pertencentes à classe II de maturação foram obtidas maiores porcentagens de sementes totalmente quebradas (32,42%) ou aderidas (28,83%)

(Figura 4.2C), quando comparada as médias de extração dos frutos da classe I (Tabela 4.1). Sementes aderidas são aquelas que não se quebram e não se soltam dos frutos, após o endocarpo ser quebrado, necessitando, de mais um processo de extração (Figura 4.2D).

Tabela 4.1. Qualidade do processo de extração de sementes de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.], em frutos pertencentes a duas classes de maturação. Rio Verde (GO), 2013.

Maturação	Rendimento	Porcentagem de sementes			
		Íntegras	Trincadas	Quebradas	Aderidas
Classe I	406,5 ^{ns} ± 21,57	39,0* ± 2,50	40,0* ± 4,11	15,1* ± 2,20	6,7* ± 1,76
Classe II	413,3 ± 47,88	25,9 ± 2,40	12,8 ± 2,75	32,4 ± 3,72	28,8 ± 5,84

^{NS}Não significativo entre classes de maturação. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, entre as classes de maturação. ± Erro Padrão da Média. Rio Verde (GO), 2013.

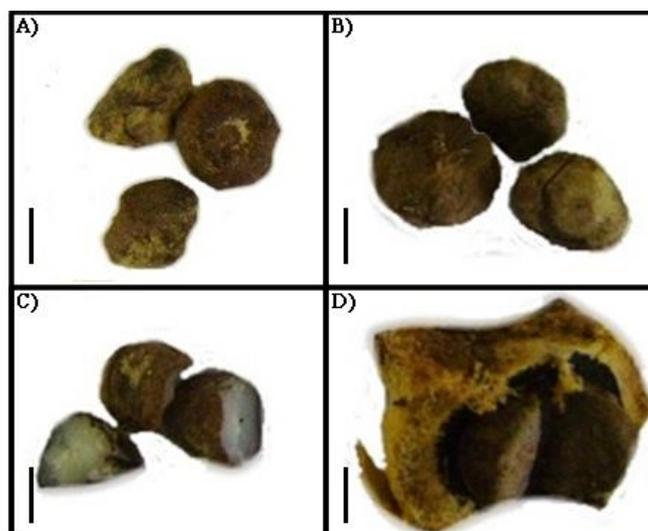


Figura 4.2. Qualidade do processo de extração de sementes de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.]. A) Sementes fisicamente íntegras. Barra = 1,5 cm. B) Sementes trincadas. Barra = 1,5 cm. C) Sementes quebradas. Barra = 1,5 cm. D) Sementes aderidas. Barra = 2 cm. Rio Verde (GO), 2013.

Assim como observado por Ferreira & Gentil (2006), o processo de extração, utilizando marretas, proporcionou elevado rendimento, porém, com elevado percentual de sementes danificas. Estes autores trabalharam com diásporos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) e, recomendam, para os estudos posteriores, que se faça a dessecação das sementes, para facilitar a extração. Para a macaúba foi verificado que, o rendimento da extração, após dois dias de secagem, foi o mesmo entre as duas

classes de maturação, porém, foram obtidas sementes de melhor integridade física em frutos da classe I de maturação, ou seja, quando foram quebrados frutos mais verdes.

4.3.2 Biometria

Quanto às correlações, foi observado para os frutos da classe I, que o diâmetro equatorial correlacionou-se positiva e significativamente com o número de sementes por frutos, ou seja, quanto maior o diâmetro equatorial, maior será o número de sementes por frutos. Verificou-se também, que os diâmetros longitudinais e equatoriais correlacionaram-se negativamente com o número de sementes fisicamente íntegras (I%), ou seja, quanto maior o diâmetro, menor será a porcentagem de sementes extraídas sem danos físicos visíveis. Provavelmente, por demandar maior força para extração das sementes, o que pode ocasionar maior quantidade de sementes trincadas (T%) (Tabela 4.2).

Para os frutos da classe II, observou-se o mesmo padrão obtido nos frutos da classe I, com correlação significativa e negativa entre o diâmetro equatorial e a porcentagem de sementes íntegras (I%). Entretanto, nos frutos dessa classe, verificou-se também, correlação significativa e positiva entre os diâmetros e o rendimento de extração, portanto, quanto maiores os diâmetros nos frutos da classe II, maior foi o rendimento da extração das sementes (Tabela 4.2). Esse fato ocorreu devido ao maior número de sementes por frutos, aumentando assim, o rendimento da extração. Apesar de se observar elevada correlação entre as demais características, estas não foram significativas, tendo, portanto, outros fatores envolvidos.

O processo de extração aqui utilizado mostrou-se eficiente em relação à obtenção de sementes de macaúba, visto que, com esse processo, foi possível obter altos rendimentos e qualidade física da semente, principalmente com os frutos da classe I de maturação.

Tabela 4.2. Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: Diâmetro equatorial do fruto (DEF), diâmetro longitudinal do fruto (DLF), número de sementes por fruto (S/F), porcentagem de sementes quebradas (Q%), porcentagem de sementes íntegras (I%), porcentagem de sementes trincadas (T%), porcentagem de sementes aderidas (Ad%) ao endocarpo durante a extração e, rendimento (Rend.) de extração das sementes em frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.] sob diferentes estádios de maturação. Rio Verde (GO), 2013.

Frutos pertencentes às classes I								
Carac. avaliada	DEF	DLF	S/F	Q%	I%	T%	Ad%	Rend.
DEF	1,00	0,75	0,97*	0,46	-0,95*	0,96*	0,86	0,79
DLF	-	1,00	0,86	0,64	-1,00*	1,00*	0,69	0,84
S/F	-	-	1,00	0,19	-0,86	0,89	0,96	0,83
Q%	-	-	-	1,00	-0,64	0,58	-0,08	0,22
I%	-	-	-	-	1,00	-1,00	-0,70	-0,82
T%	-	-	-	-	-	1,00	0,74	0,86
Ad%	-	-	-	-	-	-	1,00	0,76
Rend.	-	-	-	-	-	-	-	1,00
Frutos pertencentes às classes II								
DEF	1,00	0,93*	0,85	-0,54	-0,92*	-0,48	0,77	0,96*
DLF	-	1,00	0,82	-0,81	-0,74	-0,75	0,94	0,98*
S/F	-	-	1,00	-0,53	-0,87	-0,61	0,78	0,91
Q%	-	-	-	1,00	0,22	0,96*	-0,94	-0,73
I%	-	-	-	-	1,00	0,23	0,54	-0,83
T%	-	-	-	-	-	1,00	-0,93	-0,71
Ad%	-	-	-	-	-	-	1,00	0,91
Rend.	-	-	-	-	-	-	-	1,00

*Significativo a 5%. Rio Verde (GO), 2013.

4.3.3. Germinação *in vitro* e crescimento inicial

Os eventos do processo germinativo tiveram início 18 dias após inoculação com aumento das extremidades do embrião. Foram considerados germinados aqueles embriões que formavam uma fenda na região mediana do haustório. Não foi verificada interação entre a maturação dos frutos com a concentração de sacarose, portanto, foram estudados isoladamente.

Verificou-se que não houve diferença na porcentagem de germinação dos embriões obtidos de frutos em diferentes estádios de maturação, o que possibilita serem utilizados igualmente. Entretanto, foi constatada diferença entre as concentrações de sacarose avaliadas, evidenciando comportamento quadrático dos dados de porcentagem de germinação, ou seja à medida que se aumentou a concentração de sacarose no meio

de cultivo, elevou-se, a porcentagem de germinação, até atingirem o ponto de máximo com $37,6 \text{ g L}^{-1}$ para os embriões de frutos da classe I e, de $36,6 \text{ g L}^{-1}$ para os embriões de frutos da classe II, que corresponde à germinação superior a 87% (Figura 4.3).

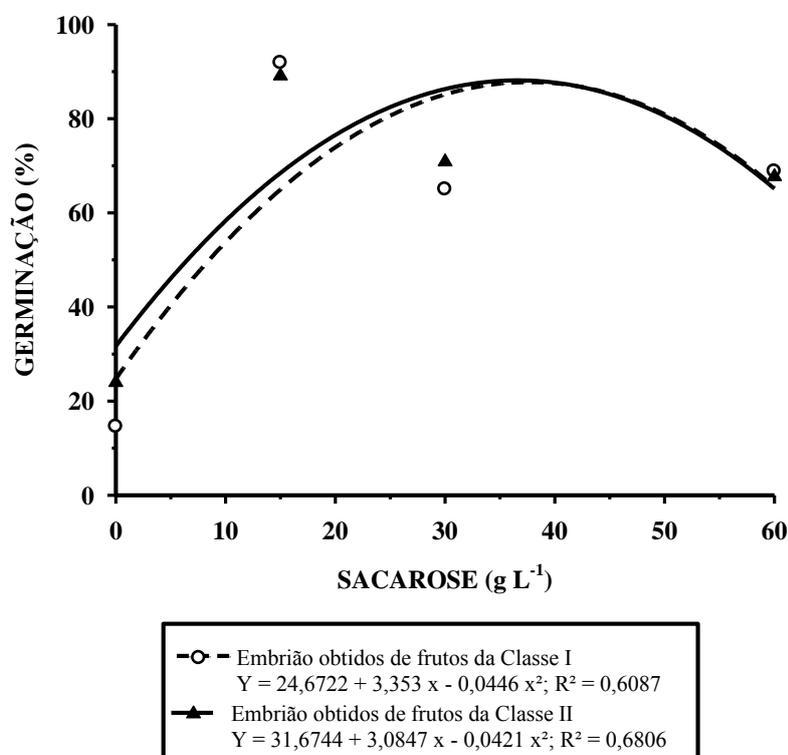


Figura 4.3. Porcentagem de germinação de embriões zigóticos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.] extraídos de frutos em diferentes estádios de maturação, inoculados em meio sólido com diferentes concentrações de sacarose. Rio Verde (GO), 2013.

Não houve crescimento satisfatório dos embriões de macaúba cultivados em meio sem açúcar (Figura 4.4). Provavelmente, isto ocorreu devido à insuficiência de reservas de carboidratos necessários ao crescimento inicial dos embriões, assim como verificado para a germinação. O melhor crescimento das plântulas ocorreu em meio acrescido de sacarose nas concentrações de $33,4 \text{ g L}^{-1}$ e $41,9 \text{ g L}^{-1}$, para os embriões obtidos de frutos das Classes de maturação I e II, respectivamente. De acordo com Hilae & Te-chato (2005), o açúcar adicionado ao meio de cultura não atua somente como fonte de carbono, mas também, exerce influência na regulação osmótica, favorecendo a germinação de embriões e crescimento aérea e raízes.

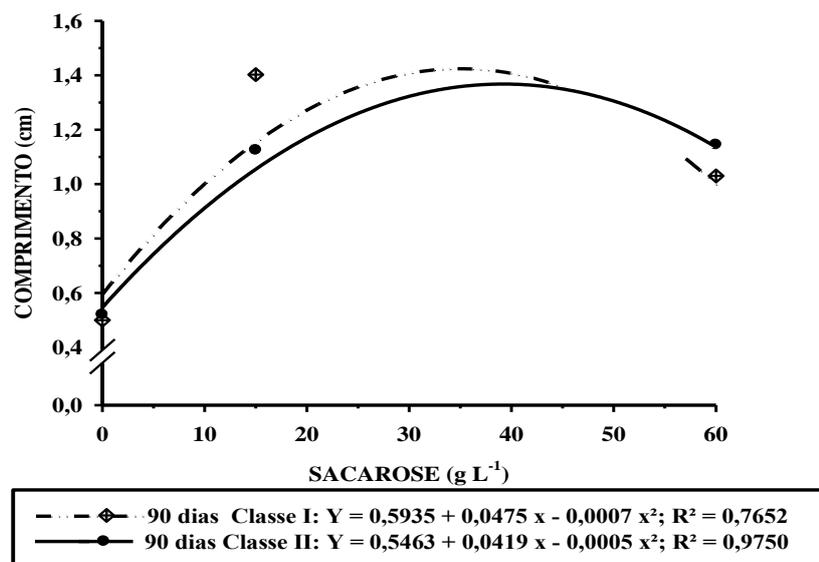


Figura 4.4. Comprimento de plântulas de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.] aos 90 dias de cultivo *in vitro*, provenientes de embriões zigóticos obtidos de frutos em diferentes estádios de maturação e, inoculados em meio sólido com diferentes concentrações de sacarose. Rio Verde (GO), 2013.

De modo geral, o aumento da concentração de sacarose no meio, representou maior crescimento e germinação, tanto em frutos da classe I e, frutos da classe II. Porém, em taxas elevadas, essas variáveis decresceram, seja pela elevada pressão osmótica do meio de cultivo ou, por desbalanço nutricional qualquer, que conseqüentemente, provocou prejuízos no desenvolvimento da plântula (Malavolta, 2006).

Em estudos de micropropagação, Hu & Ferreira (1998) consideraram que embriões maduros ou próximos da maturação podem germinar em meios contendo apenas sais e ágar e, que a adição de sacarose é necessária apenas se o embrião for imaturo. Observa-se que mesmo sem adição de açúcar no meio nutritivo, houve germinação em pequenas porcentagens; entretanto, à medida que se aumentou a concentração de sacarose, elevou-se também a porcentagem de germinação e crescimento, até certo ponto, depois, em quantidades elevadas de sacarose, a germinação decresceu.

Pivetta et al. (2007), em seu trabalho recomendam que a colheita de sementes das palmeiras seja realizada quando os frutos estiverem bem maduros, o que se reconhece pela mudança de coloração e desprendimento do cacho. No entanto, é importante associar essas características com a maturidade fisiológica das sementes.

Para o estabelecimento do cultivo *in vitro* de embriões de macaúba, a seleção visual de frutos, com epicarpo marrom intenso, ou frutos de epicarpo levemente marrom, se mostrou viável, pois foi alcançada germinação semelhante para ambos. Broschat & Donselman (1987) e (Maciel, 2001) relataram que em algumas espécies da família Arecaceae, as maiores percentagens de germinação são obtidas em sementes provenientes de frutos não completamente maduros, provavelmente em razão da presença de inibidores nos tecidos dos frutos maduros, ou pelo aumento da impermeabilização do tegumento das sementes.

4.4 CONCLUSÕES

- É possível obter germinação elevada e crescimento inicial semelhante entre embriões oriundos de frutos em diferentes estádios de maturação.

- As concentrações de sacarose entre 33 g L⁻¹ e 41 g L⁻¹ em meio de cultivo *in vitro* proporcionou maior crescimento dos embriões.

4.5 AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Arlindo Thomáz da Silva e família e, a CAPES e CNPq pelo auxílio das bolsas estudos do primeiro e segundo autor, respectivamente.

4.6 REFERÊNCIAS

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

CRUZ, E. D.; MARTINS, F. O.; CARVALHO, J. E. U. Fruit and seed biometry and germination of jatoba-curuba (*Hymenaea intermedia* Ducke, Leguminosae - Caesalpinioideae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 161-165, 2001.

FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 141-146, 2006.

GARCIA, J. L.; TRONCOSO, J.; SARMIENTO, R.; TRONCOSO, A. Influence of carbon source and concentration on the *in vitro* development of olive zygotic embryos and explants raised from them. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, Berlin, v. 69, n. 1, p. 95-100, 2002.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA JÚNIOR, E. M. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84-91, 2006.

HILAE, A.; TE-CHATO, S. Effects of carbon sources and strength of MS medium on germination of somatic embryos of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). **Songklanarin Journal Science and Technology**, Songkhla, v. 27, n. 3, p. 629-635, 2005.

HU, C. Y.; FERREIRA, A. G. Cultura de embriões. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. & BUSO, J. A. (Ed). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-CNPq, 1998, p. 371-393.

MACIEL, N. Emergencia de la palma real venezolana (*Roystonea oleracea* (Jacq.) OF Cook) en función de condiciones variables del fruto y la semilla. **Bioagro**, Barquisimeto, v. 13, n. 3, p. 105-110, 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba. POTAFOS. 2006, 638 p.

MANFIO, C. E.; MOTOIKE, S. Y.; RESENDE, M. D. V.; SANTOS, C. E. M.; SATO, A. Y. Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 63, 2012.

MOURA, E. F.; VENTRELLA, M. C.; MOTOIKE, S. Y. Anatomy, histochemistry and ultrastructure of seed and somatic embryo of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 4, p. 399-407, 2010a.

MOURA, R. C.; LOPES, P. S. N.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; GOMES, J. G.; PEREIRA, M. B. Biometria de frutos e sementes de *Butia capitata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), em vegetação natural no Norte de Minas Gerais, Brasil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 415-420, 2010b.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-797, 1962.

NEVES, S. C.; RIBEIRO, L. M.; SILVA, P. O.; ANDRADE, I. G. Germinação *in vitro* de embriões de coquinho-azedo [*Butia capitata* (Mart.) Becc.(Arecaceae)] obtidos de frutos com diferentes graus de maturação. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 7, n. 1, p. 47-54, 2011.

PEREIRA, J. E. S.; MACIEL, T. M. S.; COSTA, F. H. S.; PEREIRA, M. A. A. *In vitro* germination of murmurú zygotic embryos (*Astrocaryum ulei*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 251-256, 2006.

PIVETTA, K. F. L.; BARBOSA, J. G.; ARAÚJO, E. F.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Propagação de palmeiras e estrelitzias. In: BARBOSA, J. G. & LOPES, L. C. (Ed). **Propagação de plantas ornamentais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007, p. 43-70.

RIBEIRO, L. M.; SOUZA, P. P.; RODRIGUES, J.; OLIVEIRA, T. G. S.; GARCIA, Q. S. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, Switzerland, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011.

RIVAS, M.; BARILANI, A. Diversidad, potencial productivo y reproductivo de los palmares de *Butia capitata* (Mart.) Becc. de Uruguay. **Agrociencia**, Texcoco, v. 8, n. 1, p. 11-20, 2004.

TZEC-SIMA, M. A.; ORELLANA, R.; ROBERT, M. L. *In vitro* rescue of isolated embryos of *Bactris major* Jacq. and *Desmoncus orthacanthos* Mart., potentially useful native palms from the Yucatan Peninsula (Mexico). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, Washington, v. 42, n. 1, p. 54-58, 2006.

5 TEMPERATURA DE SECAGEM E TEORES DE ÁGUA NA VIABILIDADE E GERMINAÇÃO *IN VITRO* DE BABAÇU (*Orbignya phalerata* Mart.)¹

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar a qualidade fisiológica de embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) em função da temperatura de secagem. Os frutos foram mantidos em estufa de circulação forçada a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 0, 6 e 11 dias. Não foi verificada interação entre os fatores tempo e temperatura de secagem, na perda de água. Frutos secos a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, não conseguiram atingir os mesmos valores de teor de água, obtidos na temperatura de $57\pm 2^{\circ}\text{C}$. Os embriões desidratados a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ mantiveram-se viáveis até 11 dias de secagem, enquanto aqueles provenientes da secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ foram classificados como mortos, no sexto dia de secagem. Foram obtidas porcentagens de germinação acima de 67% em todos os tempos de secagem lenta, mesmo com as sementes com 9% do teor de água, evidenciando possível comportamento ortodoxo da espécie. A secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ reduziu a porcentagem e velocidade de germinação e, também, o crescimento inicial das plântulas.

Palavras-chave: Arecaceae, dessecação, cultura de tecidos, sementes.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physiological quality of embryos of babassu (*Orbignya phalerata* Mart.) in function to the drying temperature. The fruit were kept in forced circulation oven at $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ and $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ for 0, 6 and 11 days. There was no interaction between time and drying temperature on water loss. Fruit dried at $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ failed to achieve the same values of water content obtained at $57\pm 2^{\circ}\text{C}$.

¹O artigo encontra-se em formato diferente do publicado: Rubio Neto, A.; Freitas, B. S. M.; Souza, A. L.; Silva, F. G.; Sales, J. F.; Pires, L. L. *In vitro* germination and growth of babassu (*Orbygnia phalerata* Mart.) embryos subjected to different drying temperatures. **African Journal of Biotechnology**. Nairobi, v. 11, n. 46, p. 10605-10610, 2012.

The embryos dehydrated at $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ remained viable up to 11 days of drying, while those from drying at $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ were classified as dead, on the sixth day of drying. Germination percentages above 67% were obtained at all times of slow drying even with the seeds with 9% of water content, indicating a possible orthodox behavior of the species. Drying at $57 \pm 2^{\circ}\text{C}$ reduced the percentage and speed of germination and the initial seedling growth as well.

Key words: Arecaceae, desiccation, tissue culture, seeds.

5.1 INTRODUÇÃO

O babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), pertencente à família Arecaceae, pode atingir até 20 m de comprimento, com diâmetro do caule de até 40 cm. Seus frutos são oblongos-elipsóides lisos, com 11,3 cm x 6,3 cm de diâmetro, de coloração marrom na maturidade. A frutificação do babaçu ocorre todo o ano, com produção máxima nos meses entre agosto e janeiro. A planta pode produzir até seis cachos, o que equivale a produção média de frutos de 2.400 kg ha^{-1} (Miranda et al., 2001; Lorenzi et al., 2004).

Essa planta se distribui, principalmente, nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso e Espírito Santo. A forma de utilização de maior importância no contexto econômico, social e ambiental é a produção de óleo. É utilizado em escala comercial na fabricação de óleo combustível, sabão, sabonetes, cosméticos em geral e culinária. Os resíduos do fruto do babaçu (mesocarpo e o epicarpo) são altamente caloríficos, portanto, podem ser utilizados como biomassa para a produção de energia (Almeida et al., 2002; Albiero et al., 2007).

A principal forma de propagação nessa família é sexuada. No entanto, esse processo ocorre lentamente, irregular e em baixas porcentagens, devido às características morfológicas, fisiológicas e heterogeneidade genética das sementes. Por isso, vários estudos de superação da dormência têm sido realizados nessa família, como é o caso da pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.), inajá (*Maximiliana regia* Mart.), dendê (*Elaeis guinnensis* Jacq.), tucumã (*Astrocharyum aculeatum* Mart.) e macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) ex Lodd.] (Villalobos et al., 1992; Martins et al., 1996; El-Kazzaz & El-Bahr, 2001; Ferreira & Gentil, 2006; Martine et al., 2009; Ribeiro et al., 2011).

A cultura de embriões tem auxiliado a produção de mudas, pelo fato de eliminar alguns inibidores de germinação e, assim, encurtar o ciclo reprodutivo de plantas, além de contribuir para os estudos da fisiologia do embrião (Hu & Ferreira, 1998; Bekheet et al., 2008). Em palmeiras, a cultura de embriões zigóticos tem sido utilizada com bastante êxito, principalmente em guariroba (*Syagrus oleraceae* Berg.), buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.), babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.), coquinho azedo [*Butia capitata* (Mart.) Becc.] e, macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) ex Lodd.], dentre outras espécies (Melo et al., 2001; Spera et al., 2001; Ribeiro et al., 2011). Esses autores observaram elevadas taxas de germinação em dois meses de cultivo *in vitro*.

Além da cultura de tecidos, o desenvolvimento de técnicas de armazenamento e determinação da viabilidade pelo teste de tetrazólio têm auxiliado na propagação e conservação das espécies. O teste de tetrazólio fornece respostas rápidas e categóricas em relação à germinação de sementes na família Arecaceae, principalmente em buriti (*Mauritia flexuosa* L.), macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Loddiges ex Mart.] e coquinho-azedo [*Butia capitata* (Mart) Becc.] e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) (Ferreira & Sader, 1987; Spera et al., 2001; Fernandes et al., 2007; Ribeiro et al., 2010). Existem peculiaridades no padrão de coloração em sementes oleaginosas em que a difusão da solução ou a coloração pode ser dificultada; nesse caso, são necessários padrões de coloração específicos (Wood et al., 2005).

Para elucidar o comportamento das espécies perante o armazenamento, alguns fatores devem ser levados em consideração, como umidade, temperatura e velocidade de secagem. Partindo desse princípio, Ferreira & Santos (1993) avaliaram o efeito do tempo e velocidade de secagem sob a emergência de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.) e, verificaram que a secagem rápida em sílica gel, por dois dias, reduz porcentagem de emergência, o que evidencia efeito deletério, com o aumento desses fatores. Segundo Panza et al. (2007), trabalhando com sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.), verificaram altos teores de água críticos, independente da velocidade de secagem; no entanto, essa verificação foi mais facilmente visível na secagem rápida.

No caso do babaçu não foram encontrados trabalhos na literatura, acerca do comportamento de perda de água, em frutos e sementes, bem como seu respectivo efeito sobre germinação das sementes. Portanto, objetivou-se com esse estudo, avaliar a qualidade fisiológica de embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) em função da temperatura e tempo de secagem.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nos Laboratórios de Sementes e Cultura de Tecidos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde, GO. Foram usados frutos maduros de babaçu, coletados em dezembro de 2010, em plantas sob condições naturais na fazenda Gameleira, município de Montes Claros de Goiás – GO (16° 07' S – 51° 18' W, altitude de 592 m).

5.2.1 Dessecação

Frutos inteiros foram mantidos continuamente em estufa de circulação forçada de ar, ajustada a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, onde permaneceram por 0, 6 e 11 dias. Após esse período, o teor de água dos frutos foi determinado modificando-se o método proposto por Brasil (2009), utilizando quatro repetições de dez frutos em estufa a $105\pm 2^{\circ}\text{C}$, tomando como base o peso úmido, até atingirem massa constante.

5.2.2 Germinação *in vitro* e crescimento inicial

Para todos os tempos determinados, um lote de frutos foi retirado da estufa e quebrado em prensa mecânica para obtenção de quarenta embriões, utilizados para avaliar a germinação *in vitro*, seguindo a metodologia proposta por Silva et al. (2012). Os embriões zigóticos foram removidos com auxílio de bisturi e, posteriormente, revestidos por gaze e desinfestados em álcool 70% por 30 segundos, seguido de solução de hipoclorito de sódio a 20% (água sanitária comercial – 2,5% de cloro ativo) por 20 minutos e enxaguados três vezes com água estéril.

Os embriões foram inoculados em tubos de ensaio, contendo 20 mL de meio MS (Murashige & Skoog, 1962) com 50% dos sais, suplementado com 30 g L^{-1} de sacarose e $0,1\text{ g L}^{-1}$ de mioinositol e solidificado com $3,0\text{ g L}^{-1}$ de ágar. O pH do meio de cultivo foi ajustado para $5,7\pm 0,1$, antes da autoclavagem à temperatura de 121°C . Após a inoculação, estes foram mantidos em sala de crescimento com temperatura de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, na ausência de luz, durante 15 dias. Após esse período, os embriões

permaneceram em sala com fotoperíodo de 16 horas, fornecidas por lâmpadas fluorescentes.

5.2.3 Teste de tetrazólio

Nos diferentes tempos de secagem dois lotes de frutos eram retirados das estufas, para posteriormente, avaliar a viabilidade do embrião via germinação *in vitro* e, pelo teste de tetrazólio, seguindo a metodologia proposta por Ribeiro et al. (2010) em que se recomenda a solução de tetrazólio a 0,5% por 4 horas em ambiente a 30°C. Realizou-se contagem diária, no decorrer de 60 dias, para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire, 1962) e porcentagem de germinação. Foi considerado embrião germinado aquele que alterava sua coloração inicial, passando de branco para amarelo, e com posterior alongamento do pecíolo e haustório. Também foi avaliado o comprimento do pecíolo cotiledonar aos 30, 60 e 90 dias após inoculação.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 3 (tempos de secagem) x 2 (temperatura de secagem), utilizando se quatro repetições de dez frutos e/ou sementes. Foi aplicado o teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey (5%).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Dessecação

Não foi verificada interação dos fatores de tempo e temperatura de secagem, na perda de água, portanto estes foram tratados isoladamente. Não houve diferença nos teores de água entre as duas temperaturas avaliadas. Os frutos foram coletados com umidade superior a 20% e, houve redução de 20,5% do teor de água inicial dos frutos submetidos à secagem a 57±2°C e, redução de 12,9% nos frutos submetidos à secagem a 37±2°C após 11 dias de secagem (Tabela 5.1). Já nas sementes, houve perda de 62,8% do teor de água inicial quando submetidas à temperatura mais alta, enquanto que aquelas a 37°C perderam 57,2% do teor de água inicial. Em geral, o teor de água das sementes, no momento da colheita, varia muito entre as espécies dessa família, podendo

atingir desde 46,5% até 21,8%, como observado em sementes de bacaba (*Oenocarpus minor* Mart.) e da palmeira tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brien), respectivamente (Iossi et al., 2003; Silva et al., 2006).

Tabela 5.1. Teor de água em frutos e sementes de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) submetidos a diferentes períodos de secagem em estufa de circulação forçada, a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $57^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$. Rio Verde (GO), 2013.

Secagem (dias)	Temperatura $37\pm 2^{\circ}\text{C}$	
	Semente (%)	Fruto (%)
0	21,26 A ^y ($\pm 0,73$) ^z	23,88 A ($\pm 0,98$)
6	12,88 B ($\pm 1,32$)	20,80 B ($\pm 0,29$)
11	9,26 B ($\pm 0,58$)	20,38 B ($\pm 0,32$)
Temperatura $57\pm 2^{\circ}\text{C}$		
0	21,26 A ($\pm 0,73$)	23,88 A ($\pm 0,98$)
6	11,83 B ($\pm 1,66$)	19,38 B ($\pm 0,27$)
11	6,76 C ($\pm 1,60$)	18,98 B ($\pm 0,28$)

^yMédias seguidas pela mesma letra maiúscula entre tempo de secagem, não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^z \pm Erro Padrão da média. Rio Verde (GO), 2013.

Em relação ao tempo de secagem, verificou-se que, frutos desidratados a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, inicialmente, perdem substancial conteúdo de água e, após esse período, o mesmo não ocorreu, mantendo-se praticamente estável, até 11 dias de secagem, atingindo 20,38% de teor de água. Enquanto que na secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ a perda de água foi contínua durante todo o período, quando atingiram 18,98% de teor de água.

5.3.2 Teste de tetrazólio

A utilização da metodologia proposta por Ribeiro et al. (2010) permitiu coloração adequada dos embriões, tornando possível a determinação do vigor. Entretanto, de acordo com a metodologia utilizada, nenhum embrião foi classificado como viável (classe 1 de vigor), no máximo, como vigorosos (classe 2 de vigor), inclusive para o tempo zero (sem secagem), pois, apesar de adquirirem cor vermelho intenso ou rosa, sempre foram verificadas áreas sem coloração na região proximal do pecíolo, caracterizando a classe de vigor 2 (Figura 5.1).

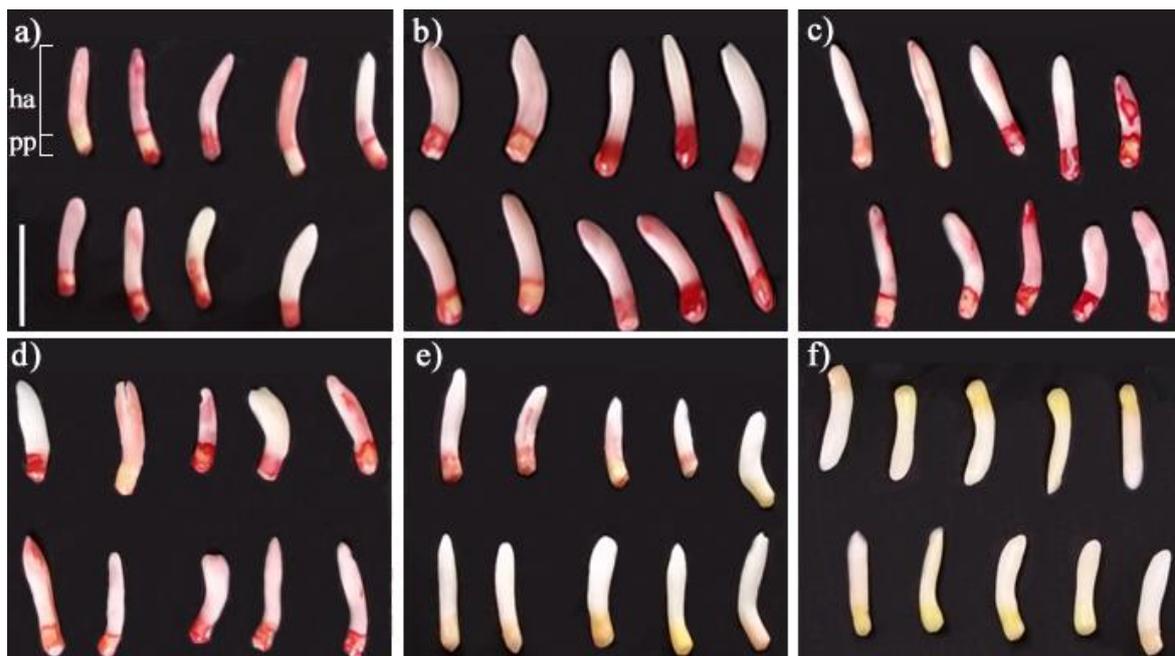


Figura 5.1. Embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) submetidos ao teste de tetrazólio. Barra = 2 cm. No embrião destacam-se as regiões do haustório (ha) e proximal do pecíolo (pp). a) e d) embriões obtidos de frutos sem secagem. b) e c) Embriões obtidos de frutos desidratados a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 6 e 11 dias, respectivamente. e) e f) Embriões obtidos de frutos desidratados a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 6 e 11 dias, respectivamente. Rio Verde (GO), 2013.

Os embriões obtidos de frutos submetidos à secagem a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ por até 6 dias, foram classificados como vigorosos, superando a viabilidade dos embriões obtidos de frutos secos nessa temperatura por 11 dias, ou quando secos a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, por 6 e 11 dias. Não foram constatados embriões mortos na temperatura de $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, para nenhum dos tempos avaliados, indicando possível comportamento ortodoxo para essa espécie. Entretanto, embriões que foram submetidos à secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ independente do período de secagem, perderam rapidamente a viabilidade, atingindo 47,2% de embriões inviáveis e, 47,5% de embriões mortos, logo aos 6 dias de secagem. Isso, evidencia efeito deletério dessa temperatura de secagem na viabilidade dos embriões, de acordo com a metodologia utilizada (Tabela 5.2).

Tabela 5.2. Porcentagem média de embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) viáveis, vigorosos, inviáveis e mortos pelo teste de tetrazólio, quando submetidos à secagem em estufa de circulação forçada, por diferentes tempos e temperatura. Rio Verde (GO), 2013.

Secagem (Dias)	Classes de Vigor							
	Viáveis		Vigorosos		Inviável		Mortos	
	37±2°C	57±2°C	37±2°C	57±2°C	37±2°C	57±2°C	37±2°C	57±2°C
0	0,0 Aa ^y	0,0 Aa	52,7 Aa	52,7 Aa	47,3 Ba	47,2 Aa	0,0 Aa	0,0 Ba
6	0,0 Aa	0,0 Aa	57,5 Aa	0,0 Bb	42,5 Ba	52,5 Aa	0,0 Aa	47,5 Ab
11	0,0 Aa	0,0 Aa	10,0 Ba	0,0 Ba	90,0 Aa	45,0 Ab	0,0 Aa	55,0 Ab

^yMédias seguidas pela mesma letra maiúscula entre tempo de secagem e minúscula entre temperatura de secagem, não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3.3 Germinação *in vitro* e crescimento inicial

Foi verificada interação entre tempo e temperatura de secagem, por isso os fatores foram tratados em conjunto. Observou-se que não houve redução na porcentagem e velocidade de germinação *in vitro* quando os embriões foram desidratados à 37±2°C por até 11 dias. Por outro lado, quando desidratados à 57±2°C, foi verificada diferença, indicando efeito deletério do tempo de secagem a 57±2°C (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) *in vitro*, de embriões de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) extraídos de frutos submetidos a diferentes tempos e temperaturas de secagem em estufa de circulação forçada, e inoculados *in vitro*. Rio Verde (GO), 2013.

Tempo (dias)	Temperatura			
	37±2°C		57±2°C	
	Germinação (%)	IVG	Germinação (%)	IVG
0	67,10 Aa ^y (±9,22) ^z	0,56 Aa (±0,05)	67,10 Aa (±9,22)	0,56 Aa (±0,05)
6	67,64 Aa (±12,9)	0,40 Aa (±0,03)	11,11 Bb (±6,41)	0,04 Bb (±0,01)
11	86,88 Aa (±2,37)	0,42 Aa (±0,03)	2,50 Bb (±2,50)	0,06 Bb (±0,02)

^yMédias seguidas pela mesma letra maiúscula entre tempo de secagem e minúscula entre temperatura de secagem, não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^z±Erro Padrão da média. Rio Verde (GO), 2013.

Foram obtidas porcentagens de germinação acima de 67% em todos os tempos de secagem lenta (Tabela 5.3), evidenciando possível comportamento ortodoxo. Este comportamento foi verificado por Silva et al. (2012), trabalhando com essa mesma espécie.

Assim como ocorreu para o percentual de sementes germinadas, os embriões submetidos à secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ sofreram redução no vigor, refletido na redução do índice de velocidade de germinação (Tabela 5.3). Segundo Ferreira & Santos (1993) também verificaram interação entre diferentes períodos e velocidades de secagem das sementes de palmito (*Bactris gasipaes* Kunth.) e, observaram que a secagem lenta por até 8 dias, não afeta a emergência e vigor das sementes. Porém, quando submetidas à secagem rápida, em sílica gel, a germinação foi interrompida, evidenciando possível comportamento recalcitrante da espécie.

O teste de tetrazólio indicou que a secagem por 11 dias a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, tornaram os embriões inviáveis, fato que não foi verificado na cultura de embriões, tornado esses testes discrepantes, o que pode estar relacionado com a composição química do embrião, que dificultou a difusão do sal. Já para a temperatura de $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, o teste de germinação *in vitro* assegurou os resultados obtidos pelo teste de viabilidade. Em embriões zigóticos de macaúba, o teste de germinação *in vitro* corroborou os resultados do teste de tetrazólio (Ribeiro et al., 2010).

A metodologia de Ribeiro et al. (2010), desenvolvida para o teste de viabilidade de embriões de macaúba foi eficiente, porém, para embriões de babaçu torna-se necessária adequação, pois, apesar de serem classificados como classe 2 de vigor, foi verificado na germinação *in vitro*, que os embriões estavam altamente viáveis, atingindo germinação de até 86% (Tabela 5.3). A discrepância, entre os resultados de viabilidade e germinação *in vitro*, pode ter ocorrido por danos ocasionados no embrião durante seu processo de extração ou, pelo tempo insuficiente de embebição utilizado.

De acordo com os resultados obtidos, recomenda-se para a utilização desta metodologia no babaçu, que as classes de vigor (viáveis, vigorosos e inviáveis) propostas por Ribeiro et al. (2010), sejam organizadas como viáveis e inviáveis. Considerando como embriões viáveis, aqueles com coloração vermelha intensa ou rosa, mas também aqueles com até 30% de área sem coloração no haustório e na região proximal do pecíolo, sendo os embriões inviáveis, aqueles que possuem mais de 30% de área sem coloração na região do haustório e proximal do pecíolo.

O tempo de secagem exerceu efeito deletério na germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.) como colocam Martins et al. (2009). A secagem dos frutos de babaçu a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ reduziu a qualidade fisiológica do embrião, diminuindo sua viabilidade, porcentagem e velocidade de germinação. Certamente, pelo fato de a

desidratação em temperaturas mais elevadas, proporcionar saída de água mais rápida dos tecidos dos embriões, e com isso danificar suas estruturas celulares.

Foi observado, que a secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ reduziu a porcentagem e velocidade de germinação. Isto também ocorreu em sementes de palmito (*E. edulis* Mart.), em que a secagem rápida em sílica gel promoveu deterioração nas células do meristema apical (Panza et al., 2007). Já em sementes de açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) o processo germinativo, tempo médio e vigor foram prejudicados, quando as sementes foram desidratadas lentamente, até atingirem 30,3% de umidade (Nascimento et al., 2007). Estes resultados evidenciam a necessidade de ajustes no processo de secagem para cada espécie em particular.

Em relação ao crescimento inicial *in vitro*, verificou-se que a secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$, além de diminuir a porcentagem e velocidade de germinação, retardou o crescimento inicial das plântulas (Tabela 5.4), quando comparado à secagem a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$, nas avaliações aos 30, 60 e 90 dias após inoculação. Crescimento inicial lento também foi observado em plântulas de palmeira real [*Archontophoenix alexandrae* (Wendl. & Drude)] por Martins et al. (2003), quando os frutos foram secos em câmara seca a $28\pm 2,5^{\circ}\text{C}$. Segundo os autores danos ocasionados na membrana, evidenciados pelo teste de condutividade elétrica, tenham influenciado esse resultado.

Tabela 5.4. Comprimento (cm) de plântulas de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) cultivadas *in vitro* por 30, 60 e 90 dias, provenientes de embriões zigóticos desidratados por diferentes tempos e temperaturas. Rio Verde (GO), 2013.

Tempo (dias)	Temperatura de secagem					
	$37\pm 2^{\circ}\text{C}$		$57\pm 2^{\circ}\text{C}$		$37\pm 2^{\circ}\text{C}$	
	Tempo de cultivo (dias)					
	30		60		90	
0	1,34 Aa ^y ($\pm 0,13$) ^z	1,34 Aa ($\pm 0,13$)	1,99 Aba ($\pm 0,12$)	1,99 Aa ($\pm 0,12$)	3,24 Ba ($\pm 0,40$)	3,24 Aa ($\pm 0,40$)
6	1,58 Aa ($\pm 0,10$)	1,12 Ab ($\pm 0,12$)	2,58 Aa ($\pm 0,20$)	1,69 Ab ($\pm 0,12$)	5,17 Aa ($\pm 0,12$)	2,44 Ab ($\pm 0,25$)
11	1,35 Aa ($\pm 0,05$)	0,25 Bb ($\pm 0,25$)	1,86 Ba ($\pm 0,13$)	0,27 Bb ($\pm 0,28$)	2,76 Ba ($\pm 0,14$)	0,62 Bb ($\pm 0,62$)

^yMédias seguidas pela mesma letra maiúscula entre tempo de secagem e minúscula entre temperatura de secagem, não diferem entre si de acordo com o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^z \pm Erro Padrão da média.

Para as plântulas oriundas de embriões submetidos à secagem a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ não foi verificada interferência do tempo de secagem no comprimento das plântulas nos

primeiros 30 dias de cultivo *in vitro*; porém, aos 60 e 90 dias, nota-se, que as maiores plântulas foram aquelas provenientes de embriões que não foram submetidos à desidratação, ou quando foram desidratados por até 6 dias. Já embriões submetidos à secagem a $57\pm 2^{\circ}\text{C}$ resultaram em plântulas de menor comprimento. Não houve diferença entre o comprimento das plântulas oriundas de embriões não desidratados e desidratadas por 6 dias, em todas as avaliações.

5.4 CONCLUSÃO

- Com a nova avaliação do teste de tetrazólio proposta, é possível determinar a quantidade exata de embriões viáveis, inviáveis e mortos.

- A secagem a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ por até 11 dias não diminui a germinação *in vitro* dos embriões, sendo recomendado a secagem de 6 dias para melhor extração dos embriões. Evidenciando comportamento ortodoxo para esta espécie.

- Embriões não submetidos a secagem ou quando foram desidratados a $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ por até 6 dias forneceu plântulas com maior crescimento inicial *in vitro*.

5.5 AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Arlindo Thomáz da Silva e família e, à CAPES e CNPq pelo auxílio das bolsas estudos do primeiro e segundo autor, respectivamente.

5.6 REFERENCIAS

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; LOPES, A. C.; MELLO, C. A.; GAMERO, C. A. Proposta de uma máquina para colheita mecanizada de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) para a agricultura familiar. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 3, p. 337-346, 2007.

ALMEIDA, R. R.; MENEZZI, C. H. S.; TEIXEIRA, D. E. Utilization of the coconut shell of babaçu (*Orbignya* sp.) to produce cement-bonded particleboard. **Bioresource Technology**, Frankfurt, v. 85, n. 2, p. 159-163, 2002.

BEKHEET, S. A.; TAHA, H. S.; HANAFY, M. S.; SOLLIMAN, M. E. Morphogenesis of sexual embryos of Date Palm cultured *in vitro* and early Identification of sex type. **Journal of Applied Sciences Research**, Paquistão, v. 4, n. 4, p. 345-352, 2008.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária 2009. 399 p.

EL-KAZZAZ, A.; EL-BAHR, M. A method for *in vitro* propagation of the Egyptian date palm cultivar Samany. **Arabian Journal of Biotechnology**, Riade, v. 4, n. 2, p. 285-292, 2001.

FERNANDES, R. C.; MAGALHÃES, H. M.; LOPES, P. S. N.; BRANDAO JUNIOR, D. S.; 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**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1004-1007, 2007.

FERREIRA, S. A.; SADER, R. Avaliação da viabilidade de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* HBK) pelo teste de tetrazólio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 9, n. 2, p. 109-114, 1987.

FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 2, p. 141-146, 2006.

FERREIRA, S. A. N.; SANTOS, L. A. Efeito da velocidade de secagem sobre a emergência e vigor de sementes de pupunha. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 23, n. 1, p. 3-8, 1993.

HU, C. Y.; FERREIRA, A. G. Cultura de embriões. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S. & BUSO, J. A. (Ed). **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-CNPq, 1998, p. 371-393.

IOSSI, E.; SADER, R.; PIVETTA, K. F. L.; BARBOSA, J. C. Efeitos de substratos e temperaturas na germinação de sementes de tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brien). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 63-69, 2003.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MADEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; FERREIRA, E. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa. Editora Plantarum. 2004, 432 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARTINE, B. M.; LAURENT, K. K.; PIERRE, B. J.; EUGENE, K. K.; HILAIRE, K. T.; JUSTIN, K. Y. Effect of storage and heat treatments on the germination of oil palm

(*Elaeis guineensis* Jacq.) seed. **African Journal Agricultural Research**, Nanabi, v. 4, n. 10, p. 931-937, 2009.

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J. Desiccation effects on germination and vigor of King palm seeds. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 21, n. 1, p. 88-92, 2003.

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J.; MACHADO, C. G. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 635-642, 2009.

MARTINS, C. C.; SILVA, W. R.; BOVI, M. L. A. Tratamentos pré-germinativos de sementes da palmeira inajá. **Bragantia**, Campinas, v. 55, n. 1, p. 123-128, 1996.

MELO, B.; PINTO, J.; LUZ, J. M. Q.; PEIXOTO, J. R.; JULIATTI, F. C. Diferentes antioxidantes no controle da oxidação, germinação e desenvolvimento das plântulas na cultura *in vitro* de embriões da guarirobeira (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1301-1306, 2001.

MIRANDA, I. P. A.; RABELO, A.; BUENO, C. R.; BARBOSA, E. M.; RIBEIRO, M. N. S. **Frutos de palmeiras da Amazônia**. Manaus: Instituto de Pesquisas da Amazônia, 2001. 120 p.

MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, n. 3, p. 473-797, 1962.

NASCIMENTO, W. M. O.; NOVENBRE, A.; CICERO, S. M. Consequências fisiológicas da dessecação em sementes de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 38-43, 2007.

PANZA, V.; LÁINEZ, V.; MALDONADO, S.; MARODER, H. L. Effects of desiccation on *Euterpe edulis* Martius seeds. **Biocell**, Mendoza, v. 31, n. 3, p. 383-390, 2007.

RIBEIRO, L. M.; CONCEIÇÃO NEVES, S.; SILVA, P. O.; ANDRADE, I. G. Germinação de embriões zigóticos e desenvolvimento *in vitro* de coquinho-azedo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 133-139, 2011.

RIBEIRO, L. M.; GARCIA, Q. S.; OLIVEIRA, D. M. T.; NEVES, S. C. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, 2010.

SILVA, B. M. S.; CESARINO, F.; LIMA, J. D.; PANTOJA, T. F.; MÔRO, F. V. Seed germination of *Oenocarpus minor* Mart. in different substrata and temperatures. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 289-292, 2006.

SILVA, M. V. V.; SALES, J. F.; SILVA, F. G.; RUBIO NETO, A.; ALBERTO, P. S.; PEREIRA, F. D. The influence of moisture on the *in vitro* embryo germination and morphogenesis of babassu (*Orbignya phalerata* Mart.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 4, p. 453-458, 2012.

SPERA, M. R. N.; CUNHA, R.; TEIXEIRA, J. B. Quebra de dormência, viabilidade e conservação de sementes de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1567-1572, 2001.

VILLALOBOS, R.; HERRERA, J.; GUEVARA, E. Germinacion de la semilla de pejibaye (*Bactris gasipaes*): II na ruptura del reposo. **Agronomía Costarricense**, San José, v. 16, n. 1, p. 61-68, 1992.

WOOD, C. B.; MILES, S.; RIX, C.; TERRY, J.; DAWS, M. I. The effect of seed oil content on viability assessment using tetrazolium: a case study using 171 species. **Plant Genetic Resources Newsletter**, Maccarese, v. 1, n. 143, p. 17-23, 2005.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes de vigor, utilizados principalmente para as culturas anuais, devem ser adaptados às sementes de espécies de palmeiras, para que dessa forma, a produção de mudas torne-se eficiente e auxilie na seleção de sementes de elevada qualidade fisiológica. Portanto, novas concentrações e tempos de embebição no sal de tetrazólio devem ser avaliados. Para o teste de condutividade elétrica em embriões, faz-se necessário a elaboração de metodologia para se determinar o tempo de embebição e a temperatura da água. Há carência muito grande em relação às radiografia de sementes em *Arecaceae*. Esses estudos permitirão compreender melhor o processo de germinação nessa família, que é bastante peculiar.

É evidente o sucesso da secagem na extração de sementes e embriões zigóticos e, no armazenamento. Por outro lado, esse processo pode provocar danos, inviabilizando completamente os embriões; por isso, a importância de se avaliar diferentes temperaturas, ambientes e tempos de secagem para cada espécie. Esses estudos irão afetar diretamente o sucesso do estabelecimento *in vitro*, bem como auxiliarão na classificação das espécies em relação à tolerância ou não ao armazenamento e à perda de teor de água.

Como a maioria das palmeiras de importância alimentícia para o homem encontra-se em fase de domesticação, muito há de ser feito para facilitar a sua propagação, seja pelos métodos sexuais ou assexuais. Nesse sentido, a cultura de tecidos tem se destacado, por encurtar o período de germinação; entretanto, ainda há um longo caminho a se desvendar até que se obtenham grandes quantidades de mudas aclimatizadas. Por isso, a condição do meio de cultivo, a utilização de biorreatores e o desenvolvimento do hábito cespitoso são fatores preponderantes para garantir ainda mais o sucesso dessa técnica na produção de mudas de plantas da família *Arecaceae*.