

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE  
*Anacardium othonianum* Rizz.

Autora: Perciliana Lara Bueno Nogueira Franco

Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Fátima Sales

Coorientador: Prof. Dr. Jacson Zuchi

RIO VERDE – GO  
Fevereiro - 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE  
*Anacardium othonianum* Rizz.

Autora: Perciliana Lara Bueno Nogueira Franco  
Orientadora: Profa. Dra. Juliana de Fátima Sales  
Coorientador: Prof. Dr. Jacson Zuchi

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO, ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de concentração: Conservação dos Recursos Naturais.

RIO VERDE – GO  
Fevereiro - 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

F825s Franco, Perciliana Lara Bueno Nogueira  
Secagem e armazenamento de sementes de *Anacardium  
ostonianum* Rizz. / Perciliana Lara Bueno Nogueira  
Franco; orientadora Juliana de Fátima Sales; co-  
orientador Jacson Zuchi. -- Rio Verde, 2019.  
66 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de pós-graduação  
em Biodiversidade e Conservação) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. dessecantes. 2. armazenamento. 3. conservação  
da espécie. I. Fátima Sales, Juliana de, orient. II.  
Zuchi, Jacson, co-orient. III. Título.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E  
CONSERVAÇÃO

ULTRASSECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES  
DE *ANACARDIUM OTHONIANUM* RIZZ

Autora: Perciliana Lara Bueno Nogueira Franco  
Orientadora: Juliana de Fátima Sales

*TITULAÇÃO*: Mestre em Biodiversidade e Conservação – Área de  
concentração Conservação dos Recursos Naturais.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2019.

  
Prof. Dr. Sebastião Carvalho  
Vasconcelos Filho  
*Avaliador interno*  
IF Goiano / Rio Verde

  
Prof. Dr. Aurélio Rubio Neto  
*Avaliador externo*  
IF Goiano / Rio Verde

  
Dr<sup>a</sup>. Kelly Juliane Telles Nascimento  
*Avaliadora externa*  
IF Goiano / Rio Verde

  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana de Fátima Sales  
*Presidente da Banca*  
IF Goiano / Rio Verde

*“O tempo é o empréstimo divino que recebeste do Céu, para a edificante peregrinação. Valoriza-o com o teu aprimoramento no amor e na sabedoria. E aceitando Jesus por Mestre, em teus passos de cada hora, guarda a certeza de que, em breve, atingirás a alegria do sublime retorno ao Divino Lar.”*

*Pelo espírito Emmanuel, psicografado por  
Francisco Cândido Xavier*

*A Deus, pelo dom da vida; à minha  
família, por me acompanhar nos  
desafios da caminhada; e aos meus  
queridos professores, que passaram pela  
minha história escolar até chegar aqui.*  
**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sustentar dos meus passos para superar as dificuldades e os medos do caminhar, por me ensinar a acreditar na sua providência e a dominar a minha personalidade ansiosa. Pelo amor do mestre Jesus que me alimenta todos os dias.

Ao meu esposo Thiago Damião, por me apoiar na continuação dos meus estudos e por ser aquele que não me deixou desistir com sua constante fala “Deixa de ser mole!”. Acho que aprendi a lição e sempre vou me lembrar disso. Obrigada, meu amor. Aos meus filhos Lucas Damião e Pedro Hugo, que, ainda tão pequenos, foram grandes na sabedoria de que a mamãe precisava se ausentar de casa para estudar, que a mamãe precisava de silêncio quando estava no computador ou lendo um artigo e não podia dar atenção a eles.

Aos meus pais Nivaldo e Nelza, que ajudaram a cuidar dos meus filhos, tentando suprir a minha ausência, pelas palavras de incentivo e as orações silenciosas que tenho certeza fizeram por mim. Minha avó Elça, pelas orações, e meu avô Elmindo, pela torcida. Pelo incentivo das minhas primas Pricila e Pabliny. Obrigada, Pricila, pela compreensão da minha ausência a seu lado no momento mais difícil da sua vida. Obrigada, Pabliny, por abrir as portas da sua casa em Rio Verde todas as vezes que eu precisei e também pela conversa amiga ao final do dia.

À minha irmã Aline Lara, que não só me apoiou a entrar no mestrado, mas também embarcou nessa responsabilidade. Nós passamos muitos desafios bem juntinhas, ânsia de vômito, dor de barriga, tremedeira, queda de glicose, Maracugina, Dipirona, Doril, Cefalium, além dos problemas com o carro. Nós vencemos!

À diretora do Colégio Dr. Onério, Simone Carvalho, que não mediu esforços para organizar minha vida na escola para que eu pudesse estudar. Aos meus colegas de trabalho, amigos e antigos professores, que torceram por mim. À professora Isa Lúcia de M. Rezende, ao professor Christiano P. Coelho, à professora Vonedirce Maria dos

Santos e ao professor Reile F. Rossi, que me incentivaram a fazer a inscrição do mestrado e me mostraram a importância dessa titulação em minha vida profissional.

À minha orientadora, professora Juliana de F. Sales, por concretizar minha entrada no mestrado quando aceitou me orientar, por me ensinar a trilhar o caminho até a defesa da dissertação, pela compreensão diante das minhas limitações e também pelo apoio emocional de que, por vezes, precisei.

Ao professor Jacson Zuchi, pela coorientação, por sua dedicação junto a todas as etapas da construção dessa dissertação, por confiar no meu trabalho e por me atender prontamente sempre que solicitei.

À pesquisadora Kelly Juliane T. Nascimento, pelo seu conhecimento e tempo disponibilizado a me ajudar. Suas instruções me fizeram crescer e também contribuíram para minha chegada até aqui.

À Gabrielle M. Vitorino, por compartilhar sua caminhada no mestrado com a minha, por me ensinar e me acompanhar em muitos momentos no laboratório e também na escrita da dissertação.

A toda equipe do laboratório de sementes, em especial, Stella, que esteve ao meu lado nos experimentos, do começo ao fim, Giovane, Natielly, Estéfane, Pablo, Anailda, Lílian, Dener e Arthur. E aos meus colegas do mestrado em Biodiversidade e Conservação, pelo aprendizado em conjunto. Obrigada, turma!

Ao professor Adriano C. Costa, pelas contribuições na estatística e a todos os professores das disciplinas que cursei durante o mestrado, que me ajudaram a ampliar meus horizontes do conhecimento.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, pela oportunidade de obter o título de mestre. À Capes e Fapeg, pelo financiamento à pesquisa.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

Perciliana Lara Bueno Nogueira Franco, filha de Nivaldo Marques Nogueira e Nelza Bueno de Godoi, nasceu em Goiatuba-GO, em 20 de junho de 1982, mas é na cidade de Quirinópolis-GO que cresceu e vive até hoje. Como irmãos, tem Aline, Lara, Lana Cristina, Allan e Wander, os três últimos só por parte de pai. No ano de 2009, casou-se com Thiago Damião Guedes Franco e teve dois filhos, Lucas Damião, de 7 anos, e Pedro Hugo, de 5 anos.

O ingresso na faculdade ocorreu no ano de 2001, no curso de Ciências – Licenciatura Plena em Biologia, pela Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Campus Quirinópolis, concluído em 2004. No período de 2005 a 2006, também pela UEG - Quirinópolis fez o curso de pós-graduação “*Lato sensu*”, de especialização em Biologia Aplicada à Proteção da Natureza.

No ano de 2006, ingressou na educação básica do Estado de Goiás, lotada em Quirinópolis, através de concurso público, onde se mantém até hoje como professora de Ciências e Biologia no Colégio Estadual Dr. Onério P. Vieira. Em 2007, ingressou na educação básica do município de Quirinópolis através de concurso público, mas no momento se encontra de licença por interesse particular.

Em fevereiro de 2017, concorreu a uma vaga no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, em nível de mestrado, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, tendo em março do mesmo ano iniciado o curso como aluna regular. Sua pesquisa foi desenvolvida na área de sementes nativas do Cerrado, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação, em fevereiro de 2019.

## ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES .....	xiii
RESUMO .....	xv
ABSTRACT .....	xvii
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 Caju-de-árvore-do-cerrado ( <i>Anacardium othonianum</i> R.) .....	3
2.2 Bancos de germoplasma e a conservação da biodiversidade .....	5
2.3 Armazenamento de sementes .....	6
2.4 Secagem de sementes .....	8
2.5 Análises bioquímicas de sementes .....	10
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	12
4. OBJETIVOS .....	18
4.1 Geral .....	18
4.2 Específico .....	18
5. ARTIGO. SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE <i>Anacardium othonianum</i> Rizz .....	19
Resumo .....	19
Abstract .....	20
5.1 Introdução .....	20
5.2 Material e Métodos .....	22
5.2.1 Método de Secagem com sílica gel e grânulos de zeólito .....	23

5.2.2	Temperaturas e períodos de armazenamento .....	25
5.2.3	Teste de condutividade elétrica .....	25
5.2.4	Teste de germinação e índice de velocidade de germinação .....	26
5.2.5	Teste de emergência e índice de velocidade de emergência .....	26
5.2.6	Análises bioquímicas .....	26
5.2.6.1	Determinação da atividade de enzimas do sistema antioxidativo .....	27
5.2.6.2	Determinação da atividade das enzimas lipoxigenases (LIPO) .....	28
5.2.6.3	Determinação da concentração de aldeído malônico (MDA) .....	28
5.2.6.4	Determinação da concentração de proteínas .....	29
5.2.7	Análise estatística .....	29
5.3	Resultados .....	30
5.3.1	Análises fisiológicas .....	30
5.3.2	Análises enzimáticas .....	35
5.4	Discussão .....	38
5.5	Conclusões .....	41
5.6	Referências Bibliográficas .....	41

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
ARTIGO. SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE <i>Anacardium othonianum</i> Rizz.	
Tabela 1. Condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) em sementes de <i>Anacardium othonianum</i> armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....	30
Tabela 2. Germinação (%) em sementes de <i>Anacardium othonianum</i> armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....	31
Tabela 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de <i>Anacardium othonianum</i> armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....	32
Tabela 4. Emergência (%) em sementes de <i>Anacardium othonianum</i> armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....	32

Tabela 5. Índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....33

Tabela 6. Comprimento do epicótilo (cm) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....34

Tabela 7. Massa seca (g) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....34

Tabela 8. Atividade da superóxido dismutase (SOD) e da lipoxigenase (LIPO) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 20 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....36

Tabela 9. Atividade da peroxidase do ascorbato (APX) em sementes de *Anacardium othonianum* submetidas aos processos de secagem sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito), armazenadas nas temperaturas de 10 ou 20°C. Concentração de aldeído malônico (MDA) em sementes armazenadas por 20 e 28 meses (período), submetidas aos mesmos tipos de secagem acima descritos .....36

Tabela 10. Atividade da peroxidase do ascorbato (APX) em sementes de *Anacardium othonianum* aos 20 e 28 meses de armazenamento (período) e os controles (tempo zero) dos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) e secagem com grânulos de zeólito (zeólito) .....37

Tabela 11. Teor de aldeído malônico (MDA) nas sementes de *Anacardium othonianum* submetidas às temperaturas 10 ou 20 °C e os controles (tempo zero) dos seguintes tipos

de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) e secagem com grânulos de zeólito (zeólito) .....37

Tabela 12. Atividade da catalase (CAT) e peroxidase (POX) nas sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 20 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) .....38

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	
Figura 1. Árvore, folha e fruto do caju arbóreo do Cerrado ( <i>Anacardium othonianum</i> ), Goiás, 2011 (BORGES, 2012) .....	3
Figura 2. Secagem de sementes de <i>Anacardium othonianum</i> através de dessecantes. Secagem com sílica gel (A), secagem com grânulos de zeólito (B) e recipientes adequados para a secagem de sementes com dessecantes (C). .....	9
<b>ARTIGO. SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE <i>Anacardium othonianum</i> Rizz.</b>	
Figura 1. Controle de temperatura e umidade do ar durante a secagem das sementes com Sílica Gel (A) e Grânulos de Zeólito (B). Médias dos valores diários, mês de novembro de 2015 .....	24

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

APX .....	Ascorbato peroxidase
B.O.D .....	Câmara de germinação (Demanda Bioquímica de Oxigênio)
b.u. ....	Base úmida
°C .....	Graus celsius
CAT .....	Catalase
CaCl <sub>3</sub> .....	Cloreto de cálcio
cm .....	Centímetro
CO <sub>2</sub> .....	Dióxido de carbono
CPA .....	Comprimento da parte área
CV .....	Coefficiente de Variação (%)
DHAR .....	Dehidroascorbato redutase
EDTA .....	Ácido etilenodiaminotetracético
EROS .....	Espécies reativas de oxigênio
<i>EX SITU</i> .....	Conservação fora do lugar de origem
g .....	Gramas
h .....	Horas
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	Peróxido de Hidrogênio
HCl .....	Ácido Clorídrico
<i>IN SITU</i> .....	Conservação no local de origem
IVE.....	Índice de Velocidade de Emergência
IVG .....	Índice de Velocidade de Germinação
KOH .....	Hidróxido de Potássio
LIPO .....	Lipoxigenase
min .....	Minutos

mL .....	Militros
mM .....	Milimolar
MS .....	Massa seca
N <sub>2</sub> .....	Nitrogênio
NBT .....	azul de p-nitro-tetrazólio
nm .....	Nanômetro
O <sub>2</sub> .....	Oxigênio
OH .....	Hidroxil
pH .....	Potencial hidrogeniônico
PMSF.....	Phenyl methyl sulfonyl fluoride
POX .....	Peroxidase
PVPP .....	Polivinilpirrolidona
SOD .....	Superóxido dismutase
μM .....	Micromolar
μScm <sup>-1</sup> .....	Microsiemens por centímetro
W .....	Watts

## RESUMO

FRANCO, PERCILIANA LARA BUENO NOGUEIRA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde-GO, fevereiro de 2019. **Secagem e armazenamento de sementes de *Anacardium othonianum* Rizz.** Orientadora: Juliana de Fátima Sales. Coorientadores: Jacson Zuchi.

Uma estratégia de conservação da flora é a criação de bancos de germoplasma, mas para isso, há necessidade de estudar a conservação da viabilidade da semente de espécies nativas, envolvendo técnicas adequadas de secagem e armazenamento. Assim, objetivou-se com este trabalho estudar o efeito do armazenamento (0, 4, 20, 24 e 28 meses) e da temperatura (10°C e 20°C), aliados à técnica de secagem com dessecantes (sem secagem, secagem sílica gel e secagem grânulos de zeólito), sobre o vigor das sementes de *Anacardium othonianum*. Para as análises das sementes, foram feitas avaliações fisiológicas (condutividade elétrica, germinação, IVG, emergência, IVE, comprimento do epicótilo e massa seca) e bioquímicas (enzima do sistema antioxidativo, enzima lipoxigenase, MDA e proteína). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias, comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. O efeito dos adicionais controles foi averiguado mediante análise de Dunnett, também a 5% de probabilidade. A atividade da enzima LIPO e da enzima SOD é potencializada aos 28 meses de armazenamento nas sementes secas com sílica gel, armazenadas a 10°C, apresentando também relação com os resultados de condutividade elétrica, germinação, emergência, IVG, IVE, comprimento do epicótilo e massa seca. Para o período de 4 meses de armazenamento a 20°C, não há necessidade de secagem das sementes de *A. othonianum*, quando o teor de água inicial for menor que 16%. Quanto ao armazenamento nos períodos de 4 até 28 meses, as análises fisiológicas e

bioquímicas definem como mais satisfatória a secagem das sementes com o dessecante sílica gel, armazenadas a 10°C.

**PALAVRAS-CHAVE:** dessecantes, armazenamento, conservação da espécie

## ABSTRACT

FRANCO, PERCILIANA LARA BUENO NOGUEIRA. **Drying and storage of *Anacardium othonianum* Rizz seeds.** Advisor: Juliana de Fátima Sales. Co-advisor: Jacson Zuchi.

A strategy for the flora conservation is the creation of germplasm banks. For this purpose, a study of viability of seeds from native species is required, aiming to determine (standardize) appropriate drying and storage procedures. The objective of this study was to investigate the effects of storage (0, 4, 20, 24 and 28 months) and temperature (10°C and 20°C), along with different drying procedures (without drying, silica gel drying and drying zeolite granules), on *Anacardium othonianum* seed vigor. For the analysis of the seeds, physiological evaluations (electrical conductivity, germination, GSI (germination speed index), emergence, ESI (emergence speed index), epicotyl length and dry mass) and biochemical assays (the activities of antioxidant enzymes, lipoxygenase (LOX), MDA and protein) were performed. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and the Scott-Knott Test, at a 5% probability, was used for comparison between means. The effect of the additional controls was compared by Dunnett's test, at 5% probability. The activity of the enzymes LOX and SOD is enhanced at 28 months of storage in silica gel dried seeds, stored at 10°C. These results are in accordance with electrical conductivity, germination, emergence, GSI, ESI, epicotyl length and dry mass. Concerning the 4-month storage at 20 ° C treatment, there is no need to dry *A. othonianum* seeds when the initial water content is less than 16%. Regarding to the storage treatment from 4 to 28 months, the physiological and biochemical analyzes indicated that drying seeds with silica gel as desiccant agent and storage at 10°C are suitable.

**KEYWORDS:** desiccants, storage, species conservation.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O Domínio Cerrado tem grande heterogeneidade biológica, e suas paisagens abrigam importante diversidade florística, com cerca de 12.000 espécies de plantas vasculares (MENDONÇA *et al.*, 2008; AQUINO *et al.*, 2014). Esse Domínio concentra grande número de espécies endêmicas, que estão sofrendo perda excepcional de habitat, fazendo com que o Domínio Cerrado esteja entre os 25 *hotspots* de biodiversidade (MYERS *et al.*, 2000). Isso se deve, principalmente, ao grande avanço do agronegócio, pois sabe-se que essa prática vem resultando na extinção de diversas espécies endêmicas desse Domínio (CAMILO, 2012), incluindo fruteiras nativas (MENDONÇA *et al.*, 1998).

Como estratégia de conservação, os bancos de germoplasma (conservação *ex situ*) têm papel fundamental (MACHADO *et al.*, 2016), pois guardam e conservam a qualidade fisiológica das sementes por um período relativamente longo, longe da sua área natural. O armazenamento de sementes constitui importante estratégia para a conservação genética *ex situ* de espécies vegetais, atendendo aos objetivos de conservação, melhoramento ou propagação. Nesse sentido, os conhecimentos técnicos a respeito da propagação de uma espécie nativa são cruciais por auxiliarem na definição da tecnologia de exploração racional (CAETANO *et al.*, 2012).

O conhecimento da conservação da viabilidade (capacidade de germinar) da semente de espécies nativas do Cerrado, envolvendo técnicas adequadas de secagem e armazenamento, pode gerar protocolos para uso em bancos de germoplasma, possibilitando complementar os projetos relacionados com a conservação da biodiversidade.

Entre as espécies nativas do Cerrado, a *Anacardium othonianum* R., pertencente à família Anacardiaceae (JOLY, 2002), também conhecida como caju-de-

árvore-do-cerrado, cajuzinho e cajuí, destaca-se na região central do Brasil pelo seu porte arbóreo e elevado valor econômico, associado à alimentação, aliado a seu suporte ecossistêmico (AGOSTINI-COSTA *et al.*, 2006).

A inconsistência das informações científicas a respeito da secagem com o uso de dessecantes e armazenamento de sementes de *A. othonianum* cria lacunas no estabelecimento de protocolos de sua conservação. Dessa forma, este estudo contribuirá com a definição de estratégias, o que ajudará a otimizar a conservação dessa espécie. Para fins de investigação, partimos da hipótese de que sementes de *A. othonianum* podem ser secas e armazenadas por longo período, visando à conservação da espécie. Para conduzir essa investigação, foram avaliados diferentes tipos de secagem, temperatura e períodos de armazenamento.

Os resultados do presente estudo contribuirão para a determinação de parâmetros e indicações técnico-científicas para a conservação de sementes de *A. othonianum*, utilizando a secagem com dessecantes. Além disso, contribuirão para a determinação dos mecanismos adequados de armazenamento para a formação de germoplasmas e bancos de sementes.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* R.)

O Domínio Cerrado tem flora muito abundante, com diversas espécies de plantas medicinais e frutíferas, com elevado potencial econômico (CARAMORI *et al.*, 2004). Entre as espécies frutíferas nativas do Cerrado, o caju-de-árvore-do-cerrado destaca-se por ser a única espécie de caju com porte arbóreo (Figura 1). É uma espécie pertencente à Família Anacardiaceae, bastante conhecida e utilizada na região do Cerrado do Planalto Central do Brasil (MENDONÇA *et al.*, 1998). O primeiro botânico que descreveu essa espécie de caju do Cerrado foi o Dr. Othon Xavier de Brito Machado e, para homenageá-lo, a espécie leva o seu nome (RIZZINI, 1969).



Figura 1. Árvore, folha e fruto do caju arbóreo do Cerrado (*Anacardium othonianum*), Goiás, 2011 (BORGES, 2012).

O *A. othonianum* é encontrado naturalmente nas fitofisionomias do Cerrado “*stricto sensu*”, cerradão e campo sujo (MENDONÇA *et al.*, 1998; BORGES, 2012), em altitudes entre 380 m e 1100 m, sendo que, em maior número de indivíduos acima de 790 m (NAVES, 1999). Essa espécie tolera períodos de seca e tem preferência por

solos ácidos (pH 4,5-6,5), com deficiência nutricional, concrecionários e de relevo ondulado, do tipo Latossolos (BORGES, 2012; VIEIRA *et al.*, 2006).

As plantas adultas encontradas em ambiente natural têm altura variando entre 0,90 m e 7,60 m, com média de 2,75 m (NAVES, 1999), com tronco entre 1-2 m de altura e 20-40 cm de diâmetro. As folhas, que são coriáceas, medem 12-17 cm x 8-11 cm, com base subcordata, são glabras e têm pecíolos de 4-8 mm (RIZZINI, 1969). O ataque por fungos é bastante comum em suas folhas (FERREIRA, 1973).

O florescimento do *A. othonianum* é influenciado pelas variáveis climáticas insolação, temperatura, umidade relativa e regime de chuvas (BORGES, 2012), florescendo entre junho e outubro, sendo a espécie polinizada por abelhas e vespas. Os frutos são colhidos entre setembro e outubro a partir do segundo ou terceiro ano, com produção entre 200 e 600 por planta, pesando entre 5 e 10 g cada (MENDONÇA *et al.*, 1998).

Suas flores são hermafroditas e unissexuais. Durante a floração, primeiramente aparecem as flores masculinas e só no final, as hermafroditas. A parte comestível, que vai da cor amarela a vermelha, é conhecida como pseudofruto, que se desenvolve do pedúnculo da flor, sendo o fruto um aquênio (FERREIRA, 1973; PAULA e HERINGER, 1978). Essa combinação de fruto e pseudofruto é denominada de “duplo fruto”, uma característica do gênero (VIEIRA *et al.*, 2006).

O pseudofruto do caju tem aproveitamento alimentar na forma de polpa *in natura* ou em forma de suco, licor, doces e iogurte. A castanha também constitui fonte alternativa de alimento e pode ser consumida quando tostada ou como ingrediente de granolas (VIEIRA *et al.*, 2006; FONSECA *et al.*, 2014; SOUZA e SILVA, 2015), além de ser rica em proteínas, lipídeos, fibras, ferro e zinco (OLIVEIRA SOUSA *et al.*, 2011).

Sua propagação principal ocorre via semente, conhecida também como aquênio (drupa reniforme ou amêndoa) (ZUCHI *et al.*, 2017). A espécie é bastante produtiva, e suas sementes têm facilidade de germinar (FERREIRA, 1973). De acordo com relatos de Borges (2012), a porcentagem média de germinação de sementes de *A. othonianum* é de 78%, iniciando com 21 dias após a semeadura, apresentando duração média de emergência de 28 dias. Lima *et al.* (2012) reportaram que sementes de *A. othonianum*, com teor de água de 16,8 a 20%, têm maior germinação em relação àquelas que têm teor de água mais elevado (29,5%) aos 12 meses de armazenamento. Esses autores relataram que o teor de 29,5% potencializou a deterioração das sementes, resultando em

germinação próxima a zero. Em estudos desenvolvidos por Leal *et al.* (2011), a espécie *A. othonianum* atingiu germinabilidade de 73% e levou em média 11 dias para iniciar o processo de germinação. Com esses resultados, os autores concluíram que é viável a produção de mudas em viveiro, por meio de sementes, podendo auxiliar em projetos de conservação e exploração da espécie.

É digno de nota que, para manter a exploração extrativista de forma sustentável de consumo local ou fomentar o melhoramento genético, deve-se dar maior atenção à coleta e à conservação das populações de *A. othonianum* da região centro-oeste (VIEIRA *et al.*, 2006). Além disso, a incorporação de espécies nativas do Cerrado em programas de recuperação de áreas degradadas depende de um sistema eficiente de produção de mudas, cujo sucesso é influenciado diretamente pela qualidade da semente (COSTA, 2009). A produção de mudas torna viável economicamente a comercialização do caju-de-árvore-do-cerrado e novas possibilidades de aliar geração de renda e conservação ambiental, já que é uma espécie nativa do Domínio Cerrado.

Com aparência exótica, aroma característico e elevada qualidade nutricional, o caju se destaca como uma das frutas de maior potencial para a exploração sustentada em diversos locais do Brasil (VIEIRA *et al.*, 2006).

## 2.2 Bancos de germoplasma e conservação da biodiversidade

A biodiversidade presente no Brasil é uma das mais significativas do mundo, e sua riqueza, tanto em relação aos animais quanto aos vegetais, é objeto de grande interesse em vários setores, destacando-se a comunidade científica (COSTA e MARTINS, 2008). Além de recurso econômico, a biodiversidade reflete a diversidade cultural do país e faz parte de sua identidade (PEIXOTO *et al.*, 2016).

Muitas espécies de importância ecológica, social e econômica sofrem intensa pressão da ocupação agropecuária e do extrativismo desordenado no Cerrado, exigindo ações para sua conservação (COSTA, 2009). A destruição de habitats naturais de populações de plantas pela atividade humana também leva a perdas de variabilidade genética, e isso destaca o papel da pesquisa e dos procedimentos voltados à conservação de recursos genéticos no ecossistema tropical (PAIVA *et al.*, 2003).

Para garantir uma biodiversidade mínima, aliada à manutenção e perpetuação das espécies, é necessária a manipulação apropriada das populações com a utilização de

estratégias alternativas. Uma estratégia que se destaca é a criação de bancos de germoplasma (formado pela identificação, caracterização e preservação de células germinativas de alguns seres vivos para conservação *ex situ*) como uma ação para a conservação de espécies animais e vegetais (MACHADO *et al.*, 2016). A preservação da diversidade vegetal através desses bancos de germoplasma traz benefícios econômicos, ambientais e de saúde no presente e no futuro (LI e PRITCHARD, 2009).

Devido à biodiversidade significativa do Brasil, os bancos de germoplasma têm sido objeto de grande interesse na preservação e manutenção do patrimônio genético (MACHADO *et al.*, 2016). Igualmente, esses bancos permitem buscar atributos para desafios futuros, que incluem, entre outros, segurança alimentar, mudança climática, sustentabilidade no uso da água, bioenergia e novos usos da biodiversidade (VALENCIA *et al.*, 2010).

O armazenamento de sementes é a forma mais eficiente de representar táxons com coleções geneticamente diversificadas e corresponde a apenas 1% dos custos para manter plantas em seus habitats nativos *in situ* (LI e PRITCHARD, 2009). O aumento do acesso a esse serviço deve ser uma prioridade para programas de conservação (WEISENBERGER *et al.*, 2014).

### 2.3 Armazenamento de sementes

A prática do armazenamento de sementes compreende a forma *ex situ* (bancos de sementes, germoplasmas) e coleções *in situ* (áreas protegidas), que ficam sob a influência do ambiente de origem em condições não controladas. O armazenamento *ex situ* de algumas espécies se torna possível por longos períodos, sem danos à sua viabilidade, pois toleram a desidratação e se mantêm em boas condições sob temperaturas adequadas (NAGEL *et al.*, 2009).

A temperatura e o teor de água são fatores determinantes no armazenamento, ambos influenciando diretamente em vários aspectos biológicos, como no aumento da atividade respiratória, que, conseqüentemente desencadeia a proliferação de microrganismos, ocasionando deterioração das sementes (MARCOS-FILHO, 2015; COSTA, 2009).

Vários fatores podem afetar a qualidade fisiológica das sementes, como, por exemplo, manuseio, colheita, beneficiamento, armazenamento e secagem. No entanto,

a redução do teor de água como resultado da secagem irá diminuir o metabolismo e, conseqüentemente, prolongar o período de armazenamento (ZONTA *et al.*, 2011). No caso de sementes de *A. othonianum*, por exemplo, estudo feito por Silva *et al.* (2017), através de testes de raio-X, identificou que as estruturas internas dos aquênios não foram prejudicadas e não houve reduções no volume ocupado pelo embrião, tampouco houve comprometimento no desempenho fisiológico de aquênios submetidos à dessecação em gel sílica até teor de água de 4%. Portanto, a secagem de sementes dessa espécie a teores de água baixo propicia manutenção do seu vigor.

De acordo com Cabral *et al.* (2008), a espécie *A. othonianum* tem comportamento ortodoxo quanto ao armazenamento, isto é, tolera baixos teores de água e baixas temperaturas, mantendo a qualidade fisiológica. No campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, localizado no município de Pacajus, litoral leste do Estado do Ceará, existe um banco de germoplasma de cajueiro, com 621 acessos, sendo 56 de espécies do cerrado identificadas como *A. microcarpum*, *A. othonianum*, *A. humile* e *Anacardium sp* (PAIVA *et al.*, 2003; VIEIRA *et al.*, 2006).

Pesquisas envolvendo a temperatura e a umidade do ar são alvo de estudos cada vez mais frequentes, incluindo as espécies nativas, que, por sua vez, carecem de informações sobre o assunto. Os resultados dessas pesquisas fortalecem os programas de repovoamento de áreas impactadas (BORGES *et al.*, 2009; MARTINS *et al.*, 2009). E, apesar de incentivado pela Legislação, o mercado de sementes nativas é muito informal e poucas são as espécies com testes laboratoriais protocolados nas Regras para Análise de Sementes (RIBEIRO-OLIVEIRA e RANAL, 2014).

A preservação da qualidade fisiológica das sementes é fundamental para a manutenção do processo de repovoamento da vegetação em áreas degradadas, permitindo o uso de espécies vegetais em diferentes locais e períodos de tempo (KOHAMA *et al.*, 2006). No que tange às espécies nativas, protocolos de conservação da qualidade fisiológica são escassos e, na sua maioria, inadequados (CARNEIRO e AGUIAR, 1993). Ressalta-se que, para a maioria das espécies arbóreas nativas, o conhecimento das condições ideais para a manutenção da qualidade das sementes ao longo do armazenamento é limitado ou inexistente (CARVALHO *et al.*, 2006).

As características morfológicas de cada semente nativa e das particularidades do clima e da região devem ser consideradas para melhor investigação sobre o ambiente e a temperatura adequada para as espécies (BRANCALION *et al.*, 2010). Isso porque os protocolos que são estabelecidos dão origem a inventários precisos com dados de

proveniência padronizados, essenciais para preservar a diversidade genética de uma flora (RAE, 2011).

O armazenamento de sementes é um método valioso na conservação *ex situ* e permite a propagação de mudas em viveiros (Gu *et al.*, 2018), o que contribui para ações sustentáveis. Porém as informações disponíveis ao armazenamento de sementes ainda são insuficientes diante da grande diversidade da flora brasileira, com destaque para o Cerrado, impossibilitando estratégias de conservação de espécies de interesse social, econômico e ecológico (COSTA, 2009).

## 2.4 Secagem de sementes

A secagem é conceituada como o processo que permite a transferência simultânea de energia e massa entre o produto e o meio utilizado para secá-lo, geralmente o ar (SCHUH, 2010). Nesse processo, ocorre a diminuição do teor de água do produto até o nível seguro para armazenamento (SCHUH, 2010). Sempre que possível, a escolha do processo de secagem deve levar em consideração fatores como espécie, estrutura e equipamentos disponíveis, mecanismos que possam reduzir os custos operacionais, diminuir o tempo de secagem e a energia consumida (OLIVA *et al.*, 2012).

O processo mais usado para garantir a qualidade dos produtos agrícolas é a secagem, pois a diminuição da quantidade de água do material reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas durante o armazenamento (RESENDE *et al.*, 2008). Sementes recém-colhidas podem, muitas vezes, apresentar teor de água inadequado para serem armazenadas de forma eficiente, assim precisam ser secas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A secagem de sementes pode ser feita de forma natural ou artificial (GARCIA *et al.*, 2004), ocorrendo em duas fases: a primeira é a transferência de água da superfície das sementes para o ar que as circunda: a segunda consiste no movimento da água do interior para a superfície da semente (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Com base na ação do vento e do sol para remoção da umidade das sementes, a secagem natural é um processo de baixo custo, mas é lenta e limitada pelas condições climáticas do ambiente natural, necessitando ainda de uso intensivo de mão de obra (CARVALHO, 1994). Já na secagem artificial, o que caracteriza o método é o fato de

que com o auxílio de alternativas mecânicas, elétricas ou eletrônicas, o ar é forçado a diminuir o teor de água das sementes (CAVARIANI, 1996), otimizando o processo de secagem.

Para evitar a ação de microrganismos e algumas espécies de insetos que deterioram as sementes, é essencial uma redução do teor de água com o processo de secagem (AMARO, 2017). Além disso, deve-se ficar atento aos parâmetros associados à redução da qualidade das sementes durante o processo de secagem, como temperatura, umidade relativa, vazão de ar, tempo de permanência na câmara de secagem e teores de água inicial e final das sementes (CHRIST *et al.*, 1997).

Para alguns bancos de germoplasma, particularmente em países em desenvolvimento, pode ser difícil e dispendioso manter uma câmara de secagem ou espaço de tamanho suficiente para garantir a eficiente secagem de um grande número de amostras de sementes (SOMADO *et al.*, 2006). Assim, o uso de dessecantes em recipiente fechado é frequentemente sugerido como método de baixo custo para reduzir o teor de água das sementes (Figura 2). Os dessecantes adequados incluem sílica gel (silicato de sódio), cloreto de lítio, cloreto de cálcio, peneira molecular, carvão vegetal e até mesmo outras sementes (PROBERT, 2003).

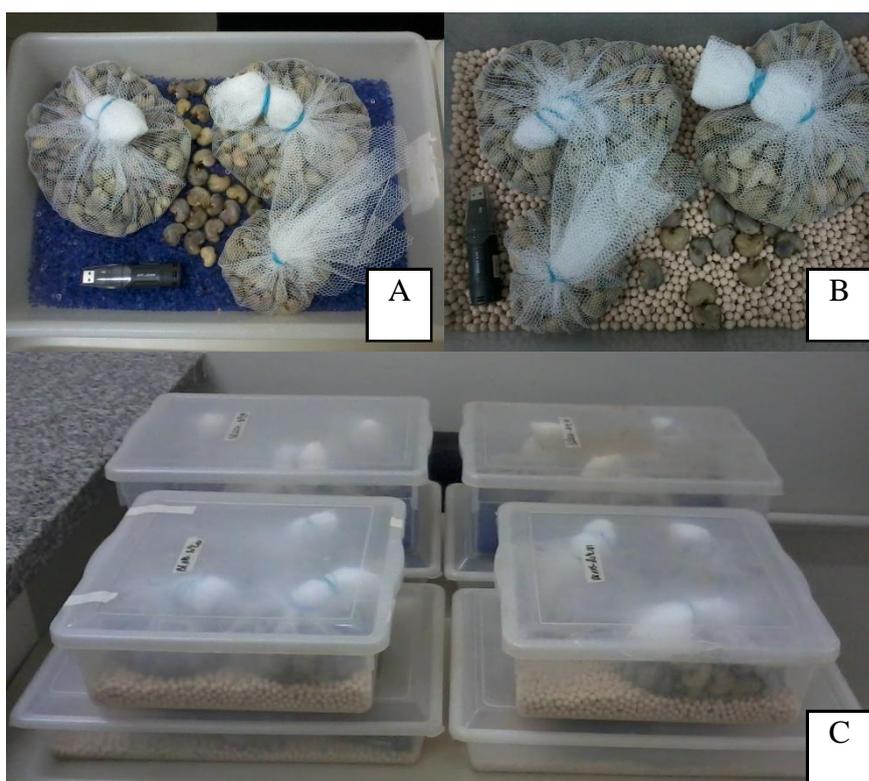


Figura 2. Secagem de sementes de *Anacardium othonianum* através de dessecantes. Secagem com sílica gel (A), secagem com grânulos de zeólito (B) e recipientes (C).

adequados para a secagem de sementes com dessecantes (C). Fonte: Jacson Zuchi.

As cerâmicas de silicato de alumínio são um tipo de peneira molecular com poros muito pequenos e uniformes, onde as moléculas de água podem ser absorvidas. Pequenas bolas desse material de peneira molecular estão sendo comercializadas como grânulos "Drying Beads®" (HAY *et al.*, 2012). Estima-se que os grânulos de zeólito ("Drying Beads") possam ser reutilizados, com sucessivas secagens, por mais de 10.000 vezes, sem perder a capacidade de absorção de água (VAN ASBROUCK *et al.*, 2011), com vantagens em relação a outros dessecantes, incluindo maior afinidade para a água, particularmente com baixa umidade e secagem mais rápida (HAY *et al.*, 2012).

## 2.5 Análises bioquímicas de sementes

A perda da viabilidade da semente ainda não está completamente explicada, principalmente os mecanismos bioquímicos envolvidos (WALTERS *et al.*, 2005; MIRA *et al.*, 2011). A investigação dos sistemas enzimáticos pode mostrar envolvimento na resposta antioxidante inicial para neutralização do oxigênio ativado (tóxico), formado durante a restrição hídrica (EDREVA, 2005), no caso de sementes secas.

Durante as fases de secagem e embebição, a redução incompleta ou parcial de oxigênio dá origem às espécies reativas de oxigênio (EROs), com a formação de superóxido ( $O_2^-$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), radical hidroxila (OH) e também de oxigênio individual ( $O_2$ ), produzido pela transferência de energia diretamente da clorofila tripla para o oxigênio (HENDRY, 1993; BLOKHINA, 2003; BHATTACHARJEE, 2005). Essas EROs podem causar peroxidação lipídica, resultando em danos à membrana, além de poder gerar subprodutos tóxicos (PARKHEY *et al.*, 2012). Assim, a peroxidação lipídica e a acumulação de EROs, mais os eventos oxidativos resultantes induzidos por eles, são considerados a principal causa de deterioração das sementes (CORBINEAU *et al.*, 2000; HAY *et al.*, 2010; MIRA *et al.*, 2011).

Para conter os efeitos tóxicos das EROs, as sementes apresentam mecanismos antioxidativos enzimáticos e não enzimáticos, sendo a superóxido dismutase (SOD), ascorbato peroxidase (APX) e catalase (CAT) as enzimas mais estudadas na área de sementes (PUKACKA e RATAJCZAK, 2007; SAHU *et al.*, 2017).

A deficiência na atuação das enzimas em eliminar EROs é um dos principais

determinantes na perda de viabilidade e vigor em diversas sementes (KIBINZA *et al.*, 2006; VARGHESE e NAITHANI, 2008; SAHU *et al.*, 2017). Portanto, a elucidação da eficiência antioxidativa das sementes é informação crucial para o sucesso do estabelecimento de protocolos de conservação de sementes.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI-COSTA, T. da S.; FARIA, J. P.; NAVES, R. V.; VIEIRA, R. F. Cajus do Cerrado. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. da S.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Ed.). **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, cap. 8, p. 136-151, 2006.

AMARO, H. T. R. **Maturação, secagem e armazenamento na qualidade de sementes de crambe**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 83f. 2017.

AQUINO, F.G.; PEREIRA, C.S.; PASSOS, F.B.; OLIVEIRA, M.C. Composição florística e estrutural de um cerrado sentido restrito na área de proteção de manancial Mestre D'Armas, Distrito Federal. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 565-575, 2014.

BHATTACHARJEE, S. Reactive oxygen species and oxidative burst: roles in stress, senescence and signal transduction in plant. **Current Science**, v. 89, p. 1113-1121, 2005.

BLOKHINA, O. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany**, v. 91, p. 179-194, 2003.

BORGES, R. T. **Caracterização do ambiente de ocorrência natural, fruto e pseudofruto de caju arbóreo do cerrado (*Anacardium othonianum*), fenologia e implantação de coleção na EA/UFG**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 151f. 2012.

BORGES, S.; BORGES, E. E. L.; CORREA, P. C.; BRUNE, A. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrine* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Forestalis**, v. 37, p. 475-481, 2009.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 15-21, 2010.

CABRAL, J. S. R.; VASCONCELOS, J. M.; ALBERTO, P. E.; SALES, J. F.; SILVA, F. G. Tolerância e dessecação de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum*

Rizz.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória, ES, **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.

CAETANO, G. de S.; SOUSA, K. Ap. de; RESENDE, O.; SALES, J. de F.; COSTA L. M. Higroscopicidade de sementes de caju-de-árvore-do-cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, p. 437-445, 2012.

CAMILO, Y. M. V. **Seleção de plantas e caracterização de frutos de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção vegetal) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 96f. 2012.

CARAMORI, S. S.; LIMA, C. S.; FERNANDES, K. F. Biochemical characterization of selected plant species from Brazilian Savannas. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 253-259, 2004.

CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I. B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (coords.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 333-350, 1993.

CARVALHO, N. M. **A secagem de sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994.

CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 5-25, 2006.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012.

CAVARIANI, C. **Secagem estacionária de sementes de milho com distribuição radial do fluxo de ar**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Esalq-USP, 85f. 1996.

CHRIST, D.; CORRÊA, P. C.; ALVARENGA, E. M. Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera* Metzg.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, p. 150-154, 1997.

CORBINEAU, F.; PICARD, M. A.; FOUGEREUX, J. A.; LADONNE, F.; CÔME, D. Effects of dehydration conditions on desiccation tolerance of developing pea seeds as related to oligosaccharide content and cell membrane properties. **Seed Science Research**, v. 10, p. 329-339, 2000.

COSTA, C. J. **Armazenamento e conservação de sementes de espécies do Cerrado**. Embrapa Cerrados, Planaltina – DF, 2009. Documentos 265.

COSTA P.M.; MARTINS C.F. Conservação de recursos genéticos animais através de biotécnicas de Reprodução. **Universitas Ciências da Saúde**, v. 6, p. 39-55, 2008.

- EDREVA, A. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: a submolecular approach. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 106, p. 119-1133, 2005.
- FERREIRA, M. B. Frutos comestíveis nativos do DF (II): gabiobas, araçás, amoreiras e cajus. **Cerrado**, Brasília, v. 5, p. 25-29, 1973.
- FONSECA, C. M.; BOARI, C. A.; DOMINGUES, P. H. F.; MEIRA, D. P.; FERNANDES, L. S. F.; DUMONT, M. A. Iogurte produzido com cajuí (*Anacardium othonianum* Rizz). Semina: **Ciências Agrárias**, v. 35, p. 1829-1836, 2014.
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v. 34, p. 603-608, 2004.
- GU, R.; ZHOU, Y.; SONG, X.; XU, S.; ZHANG, X.; LIN, H.; XU, S.; YUE, S.; ZHU, S. Tolerance of *Ruppia sinensis* Seeds to Desiccation, Low Temperature, and High Salinity With Special Reference to Long-Term Seed Storage. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018.
- HAY, F. R.; MERRITT, D. J.; SOANES, J. A.; DIXON, K. W. Comparative longevity of Australian orchid (Orchidaceae) seeds under experimental and low temperature storage conditions. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 164, p. 26-41, 2010.
- HAY, F. R.; THAVONG, P.; TARIDNO, P.; TIMPLE, S. Evaluation of zeolite seed 'Drying Beads®' for drying rice seeds to low moisture content prior to long-term storage. **Seed Science and Technology**, v. 40, p. 374-395, 2012.
- HENDRY, G. A. F. Oxygen, free radical processes and seed longevity. **Seed Science Research**, v. 3, p. 141-153, 1993.
- JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 13ª ed., 2002.
- KIBINZA, S.; VINEL, D.; CÔME, D.; BAILLY, C.; CORBINEAU, F. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. **Plant Physiology**, v. 128, p. 496-506, 2006.
- KOHAMA, S.; MALUF, A. M.; BILIA, D. A. C.; BARBEDO, C. J. Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliense* LAM. (Gruxumeira). **Revista brasileira de sementes**, v. 28, p. 72-78, 2006.
- LEAL, L. B.; OLIVEIRA, R. J. de; CHAGAS, D. B. das; PAULA, M. J. de; SILVA, D. S. da. Avaliação da germinação de cajuí, *Anacardium othonianum* (Anacardiaceae), em condições de viveiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 63., 2011, Goiânia. **Anais eletrônicos...** Goiânia: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2011. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/4501.htm>>. Acesso em: 21 dez. 2018.
- LI, D. Z.; PRITCHARD, H. W. The science and economics of *ex situ* plant

conservation. **Trends in Plant Science**, v. 14, p. 614 - 621, 2009.

LIMA, R. E. de; NETO, A. R.; SILVA, F. G.; SALES, J. de F.; SANTANA, J. das G.; CORRÊA, R. M.; Influência do teor de água e do armazenamento na germinação de sementes de caju-de-árvore-do-Cerrado. **Global Science and Technology**, v. 5, p. 78-82, 2012.

MACHADO, L.; OLIVEIRA, V. C.; PARAVENTI, M. D.; CARDOSO, R. N. R.; MARTINS, D. S.; AMBRÓSIO, C. E. Maintenance of Brazilian Biodiversity by germplasm bank. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, p. 62-66, 2016.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina-PR: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes (ABRATES), 2ª ed., 2015.

MARTINS, L.; LAGO, A. A.; ANDRADE, A. C. S. Armazenamento de sementes de ipê branco teor de água e temperatura do ambiente. **Revista Bragantia**, v. 68, p. 775-780, 2009.

MENDONÇA, R. C.; FELFILE, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JUNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora vascular do cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, p. 289-306. 1998.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA-JUNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRA, S. T. S.; NOGUEIRA, P. E. E.; FAGG, C. W. Flora Vascular do Cerrado: checklist com 12.356 espécies. In: ALMEIDA, S. M.; SANO, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: Ecologia e Flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica., p. 422-442. 2008.

MIRA, S.; ESTRELLES, E.; GONZÁLEZ-BENITO, M.E.; CORBINEAU, F. Biochemical changes induced in seeds of Brassicaceae wild species during ageing. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 33, p. 1803-1809, 2011.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

NAGEL, M.; VOGEL, H.; LANDJEVA, S.; BUCK-SORLIN, G.; LOHWASSER, U.; SCHOLZ, U.; BÖRNER, A. Seed conservation in ex situ genebanks-genetic studies on longevity in barley. **Euphytica**, v. 170, p. 5-14, 2009.

NAVES, R. V. **Espécies frutíferas nativas dos cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 206f. 1999.

OLIVA, A. C.E.; BIAGGIONI, M. A. M.; CAVARIANI, C. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, vol. 27, p. 16-30, 2012.

OLIVEIRA SOUSA, A. G.; FERNANDES, D. C.; ALVES, A. M.; DE FREITAS, J. B.;

NAVES, M. M. V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, v. 44, p. 2319-2325, 2011.

PAIVA, J. R.; CRISOSTOMO, J. R.; BARROS, L. M. **Recursos Genéticos do cajueiro: coleta, conservação, caracterização e utilização**. Fortaleza: EMBRAPACNPAT, 2003. (EMBRAPA-CNPAT. Documentos, 65).

PARKHEY, S.; NAITHANI, S.C.; KESHAVKANT, S. ROS production and lipid catabolism in desiccating *Shorea robusta* seeds during aging. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 57, p. 261-267, 2012.

PAULA, J. E.; HERINGER, E. P. Estudo anatômico do fruto de *Anacardium curatellifolium* St. Hil. Com vistas a sua forma e às bolsas olíferas. **Brasil Florestal**, v. 9, p. 33-39, 1978.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. de (Org.). **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília, DF: Editora Vozes, 2016.

PROBERT, R. J. Seed viability under ambient conditions, and the importance of drying. In **Seed Conservation: Turning Science into Practice**. In: SMITH, R. D.; DICKIE, J. B.; LININGTON, S. H.; PRITCHARD, H. W.; PROBERT, R. J. (Eds.). Richmond, UK: Royal Botanic Gardens Kew, p. 337-365, 2003.

PUKACKA, S.; RATAJCZAK, E. Age-related biochemical changes during storage of beech (*Fagus sylvatica* L.) seeds. **Seed Science Research**, v. 17, p. 45-53, 2007.

RAE, D. Fit for purpose: The importance of quality standards in the cultivation and use of live plant collections for conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 20, p. 241-258, 2011.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F.M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, p. 17-26, 2008.

RIBEIRO-OLIVEIRA, J. P.; RANAL, M. A. Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor? **Ciência Florestal**, v. 24, p. 771-784, 2014.

RIZZINI, C. T. **Espécies novas de árvores do Planalto Central Brasileiro**. Academia Brasileira de Ciências, 1969.

SAHU, B.; SAHU, A.K.; CHENNAREDDY, S.R.; SONI, A.; NAITHANI, S.C. Insights on germinability and desiccation tolerance in developing neem seeds (*Azadirachta indica*): role of AOS, antioxidative enzymes and dehydrin-like protein. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 112, p. 64-73, 2017.

SILVA, L. A. da; SALES, J. de F.; NEVES, J. M. G.; SANTOS, H. O. dos; SILVA, G. P. Radiographic image analysis of *Anacardium othonianum* Rizz (anacardiaceae) achenes

subjected to desiccation. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, p. 235-244, 2017.

SOMADO, E. A.; SANCHEZ, I. M.; NWILENE, F.; SIÉ, M.; OGUNBAYO, A. A.; SANNI, K.; TIA, D. D. Comparative studies of drying methods on the seed quality of interspecific NERICA rice varieties (*Oryza glaberrima* × *Oryza sativa*) and their parents. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, p. 1618-1624, 2006.

SOUZA, P. L. C.; SILVA, M. R. Quality of granola prepared with dried caju-do -cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz) and baru almonds (*Dipteryx alata* Vog). **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 1712-1717, 2015.

SCHUH, G. C. **Secagem de milho colhido em espiga para seleção de plantas-mães**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) -Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 62f. 2010.

VALENCIA, R. A. R.; LOBO, M. A.; LIGARRETO, G. A. M. State of Research of Plant Genetic Resources in Colombia: Germplasm Banks System. **Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 11, p. 85-94, 2010.

VAN ASBROUCK, J.; BRADFORD, K.J. Desiccant beads for efficient seed drying and storage. Palestra da Sessão Técnica 2, **10º Congresso Internacional de Sementes (ISSS)**, Salvador, Bahia, Brasil, 2011.

VARGHESE, B.; NAITHANI, S.C. Oxidative metabolism related changes in cryogenically stored neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, p. 755-765, 2008.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; SANO, S. M. FERREIRA, F. R.; **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

WALTERS, C.; WHEELER, L. M.; GROTENHUIS, J. M. Longevity of seeds stored in a genebank: species characteristics. **Seed Science Research**, v. 15, p. 1-20, 2005.

WEISENBERGER, L.; KEIR, M. J. Assessing Status, Capacity, and Needs for the *Ex Situ* Conservation of the Hawaiian Flora. **Pacific Science**, v. 68, p. 525-536, 2014.

ZONTA, J. B.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S. Diferentes tipos de secagem: efeitos na qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso. **Revista brasileira de sementes**, v. 33, p. 721-731, 2011.

ZUCHI, J.; CAMELO, G. N.; SILVA, L. A. da; SALES, J. de F.; Critérios técnicos para teste de germinação e emergência de sementes de *Anacardium othonianum* Rizz. **Informe Goiano / Instituto Federal Goiano**. - v. 2, p. 11-23, 2017.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Geral

Avaliar o efeito do armazenamento e da temperatura, aliado à técnica de secagem com dessecantes, sobre o vigor de sementes de *A. othonianum*.

### 4.2. Específicos

- Analisar as respostas fisiológicas e bioquímicas das sementes de *A. othonianum* quanto ao tipo de secagem e às condições (temperatura e período) de armazenamento;
- Estudar parte do processo antioxidativo das sementes durante o período de armazenamento, bem como o efeito da temperatura sobre esse processo;
- Estabelecer um método de secagem artificial rápida e eficiente para a conservação do vigor de sementes de *A. othonianum*; e
- Contribuir para a elaboração de protocolos de conservação e manutenção da qualidade fisiológica de *A. othonianum*.

## 5. ARTIGO

### Secagem e armazenamento de sementes de *Anacardium othonianum* Rizz.

#### Resumo

Os bancos de germoplasma são formas eficientes de conservação da biodiversidade, principalmente em relação ao armazenamento de sementes. Neste estudo, investigou-se, via análises fisiológicas (condutividade elétrica, germinação, IVG, emergência, IVE, comprimento do epicótilo e massa seca) e bioquímicas (enzima do sistema antioxidativo, enzima lipoxigenase, MDA e proteína), o comportamento do armazenamento da semente de *Anacardium othonianum* R. em relação ao tipo de secagem e às condições (temperatura e período) de armazenamento, visando à conservação da espécie. Adicionalmente, propusemos neste trabalho a tecnologia dos dessecantes (sílica gel e grânulos de zeólito) como método de baixo custo. As avaliações foram feitas considerando o período de armazenamento (0, 4, 20, 24 e 28 meses), a temperatura do ambiente de armazenagem (10°C e 20°C) e o tipo de secagem (sem secagem, secagem sílica gel e secagem grânulos de zeólito). Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias, comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. O efeito dos adicionais controles foi averiguado mediante análise de Dunnett, também a 5% de probabilidade. A atividade da enzima LIPO e da enzima SOD é potencializada aos 28 meses de armazenamento nas sementes secas com sílica gel e armazenadas a 10°C, mostrando também relação com os resultados de condutividade elétrica, germinação, emergência, IVG, IVE, comprimento do epicótilo e massa seca. Para o período de 4 meses de armazenamento a 20°C, não há necessidade de secagem das sementes de *A. othonianum* quando o teor de água inicial for menor que 16%. Quanto ao armazenamento nos períodos subsequentes ao de 4

meses até 28 meses, as análises fisiológicas e bioquímicas definem, como o mais satisfatório, a secagem das sementes com o dessecante sílica gel, armazenadas a 10°C.

**PALAVRAS-CHAVES:** dessecantes, armazenamento, enzimas antioxidantes, germinação, espécie nativa

### Abstract

Germplasm banks are efficient ways of conserving biodiversity, especially in relation to seed storage. In this study, the physiological (electrical conductivity, germination, IVG, emergence, IVE, epicotyl length and dry mass) and biochemical analyzes (enzyme of the antioxidative system, lipoxygenase enzyme, MDA and protein) were investigated, the storage behavior of the seed of *Anacardium othonianum* R., regarding the type of drying and the conditions (temperature and period) of storage, aiming the conservation of the species. In addition, we proposed the desiccant technology (silica gel and zeolite granules) as a low cost method. The evaluation was performed considering the storage period (0, 4, 20, 24 and 28 months), storage temperature (10°C and 20°C) and drying type (without drying, drying silica gel and drying of zeolite granules). Data were submitted to analysis of variance (ANOVA), and means were compared by the Scott Knott test at 5% probability. The effect of the additional controls was investigated by Dunnett's analysis, also at 5% probability. The activity of the enzyme LIPO and the enzyme SOD is potentiated at 28 months of storage in the dried seeds with silica gel and stored at 10°C, also showing the results of electrical conductivity, germination, emergence, IVG, IVE, epicotyl length and mass dry. For the 4-month storage period at 20 ° C there is no need to dry *A. othonianum* seeds when the initial water content is less than 16%. As for the storage in the subsequent periods of 4 months to 28 months, the physiological and biochemical analyzes define, as the most satisfactory, the drying of the seeds with the silica gel desiccant and stored at 10°C.

**KEYWORDS:** desiccants, storage, antioxidant enzymes, germination, native species

### 5.1 Introdução

A biodiversidade presente no Brasil é uma das mais significativas do mundo e sua riqueza, tanto animal como vegetal, é objeto de grande interesse de vários setores,

destacando-se a comunidade científica (COSTA e MARTINS, 2008). Além de recurso econômico, a biodiversidade reflete a diversidade cultural do país e faz parte de sua identidade (PEIXOTO *et al.*, 2016). Considerando a preservação da flora, para a escolha da estratégia mais adequada para a conservação da qualidade fisiológica da semente, é fundamental o conhecimento do comportamento de sementes ao longo do armazenamento (COSTA, 2009). E, apesar de incentivado pela Legislação, o mercado de sementes nativas é muito informal e poucas são as espécies com testes laboratoriais protocolados nas Regras para Análise de Sementes (RIBEIRO-OLIVEIRA e RANAL, 2014).

A preservação da biodiversidade mínima, aliada à manutenção e perpetuação das espécies, é determinada pela apropriada manipulação das populações, com a utilização de estratégias eficientes e de baixo custo, como a criação de bancos de germoplasma (MACHADO *et al.*, 2016). Essa estratégia permite buscar atributos para os desafios futuros, que incluem, entre outros, segurança alimentar, mudança climática, sustentabilidade no uso eficiente da água, bioenergia e novos usos da biodiversidade (VALENCIA *et al.*, 2010).

O armazenamento de sementes, por exemplo, para bancos de germoplasma, é um método valioso na conservação *ex situ* e permite a propagação de mudas em viveiros (Gu *et al.*, 2018). E também é a forma mais eficiente de representar táxons com coleções geneticamente diversas e custa apenas 1% dos custos para manter plantas em seus habitats nativos *in situ* (LI e PRITCHARD, 2009). Assim, o aumento do acesso a esse serviço deve ser uma das prioridades para programas de conservação (WEISENBERGER *et al.*, 2014).

É amplamente reconhecido que a temperatura e o teor de água são fatores determinantes no armazenamento, que afetam vários aspectos biológicos, como aumento da atividade respiratória, proliferação de microrganismos, podendo ocasionar a deterioração das sementes (MARCOS-FILHO, 2015; COSTA, 2009). Nesse sentido, a redução do teor de água com o processo de secagem é uma alternativa para conter a ação de microrganismos e de algumas espécies de insetos, pois reduz os processos biológicos das células (AMARO, 2017). No entanto, embora se saiba que o teor de água ideal, aliada a condições ótimas de armazenamento, é fator determinante para manutenção da viabilidade da semente, ainda não estão completamente elucidados os mecanismos responsáveis por assegurar o vigor das sementes (WALTERS *et al.*, 2005; MIRA *et al.*, 2011).

A investigação do sistema antioxidativo pode mostrar envolvimento na resposta antioxidante inicial para neutralização do oxigênio ativado (tóxico), formado durante a restrição hídrica (EDREVA, 2005). Portanto, a elucidação da eficiência antioxidativa das sementes é informação necessária para o sucesso do estabelecimento de protocolos de conservação de sementes. É digno de nota que estudos bioquímicos, visando a elucidar os mecanismos envolvidos na manutenção do vigor de sementes, concentram-se em espécies cultivadas, sendo inexistentes para a maioria das espécies nativas.

Entre as espécies do Cerrado, a espécie *Anacardium othonianum* R., pertencente à família Anacardiaceae (JOLY, 2002), também conhecida como caju-de-árvore-do-cerrado, cajuzinho e cajuí, distingue-se das demais espécies na região Central do Brasil pelo seu porte arbóreo. Essa espécie é o principal cajueiro de importância econômica para o Cerrado (AGOSTINI-COSTA *et al.*, 2006). *A. Othonianum* é conhecida pelo seu comportamento ortodoxo quanto ao armazenamento (CABRAL *et al.*, 2008), mas ainda continua sem respostas em relação aos tipos de secagem que a semente suporta, ao ambiente ideal para manter a sua viabilidade e por quanto tempo de armazenamento ela consegue sobreviver e conservar seu vigor (manifestação do potencial da semente).

Com base em trabalhos encontrados, aventamos as seguintes hipóteses: a secagem com dessecantes e a temperatura de armazenamento podem ou não prejudicar a viabilidade (capacidade de germinar) e o vigor da semente de *A. othonianum*? Até que período se pode armazenar a semente sem comprometer seu potencial germinativo? Por isso, o estudo proposto avalia de forma conjunta dois tipos de dessecantes (sílica gel e grânulos de zeólito), a temperatura de armazenamento (10°C e 20°C) e cinco períodos de armazenamento [0 (controle), 4, 20, 24 e 28 meses]. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do armazenamento e da temperatura, aliado à técnica de secagem com dessecantes, sobre o vigor das sementes de *A. othonianum*.

## 5.2 Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde – GO. As sementes foram coletadas de frutos do caju-de-árvore-do-cerrado nos meses de setembro a outubro de 2015 na Fazenda Gameleira, no município de Montes Claros de Goiás (16° 06' 20" S – 51° 17' 11" W, altitude de 592 m), localizado a 220 Km de Rio Verde (ZUCHI *et al.*, 2017).

A coleta foi feita entre os dias 02/09/2015 e 02/10/2015, em quatro idas ao campo, totalizando 5716 frutos, provenientes de 26 diferentes acessos nativos. Logo após a coleta dos frutos, eles foram acomodados e transportados em caixa plástica, iniciando a despulpa no laboratório de sementes, onde foram feitos a lavagem inicial e o descarte de sementes danificadas e contaminadas. Posteriormente, as sementes foram lavadas em solução de hipoclorito de sódio comercial 5%, seguido de limpeza em água desmineralizada para melhor desinfestação. Essas sementes foram colocadas em bandejas plásticas, com folhas de papel “germitest” ao fundo para secagem superficial durante 72 horas, em sala refrigerada (16-20°C), com revolvimento periódico. Depois o material foi separado em três lotes: sementes sem secagem (controle), sementes destinadas à secagem em sílica gel e à secagem em grânulos de zeólito para a realização dos experimentos.

A determinação do teor de água inicial foi feita nas sementes distribuídas em quatro repetições contendo quatro sementes cada, depositadas em recipientes fechados de metal, adotando-se os procedimentos prescritos pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) pelo método da estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, adaptadas de Brasil (2009). As sementes foram pesadas antes e depois de ficarem na estufa em balança de precisão (Resolução 0,001 g). O cálculo foi feito na base úmida, sendo o teor de água expresso em porcentagem.

$$T = (Pf - Pi / Pi - Tr) * 100$$

T: teor de água inicial (%); Pi: Peso inicial (g); Pf: Peso final (g); Tr: tara.

### 5.2.1 Método de Secagem com sílica gel e grânulos de zeólito

O teor de água inicial das sementes foi de 15,80% b.u. Após essa determinação, as sementes foram pesadas e submetidas à secagem usando os dessecantes sílica gel e grânulos de zeólito. As sementes foram colocadas em bandejas de plástico com 6,3 x 29,0 x 37,0 cm (alt. x larg. x comp.) com tampa, sendo colocados no fundo da bandeja a sílica gel ou os grânulos de zeólito, na proporção de 1 kg de sementes para 600 g de dessecantes. Com o intuito de evitar contato drástico, as sementes foram embrulhadas em saquinhos de tela (plástico) para em seguida serem acondicionadas em quatro bandejas, que simulavam câmara de secagem. Em cada bandeja, foram colocados dois saquinhos de tela com as amostras principais e um saquinho de tela menor com as sementes destinadas ao controle do teor de água ao longo da secagem. As sementes nos

saquinhos eram constantemente revolvidas pra que todas tivessem o contato com os grânulos dos dessecantes.

Dentro das câmaras de secagem, a temperatura e a umidade relativa do ar foram avaliadas de 30 em 30 min com Datalogger (Figura 1). A perda de massa foi avaliada em balança de precisão até atingir massa referente aos teores de água máximos entre 11,46% b.u. para as sementes secas com sílica gel, com duração de 10 dias, e 11,12% b.u. para as sementes secas com grânulos de zeólito, com duração de 8 dias. A secagem com grânulos de zeólito atingiu o teor de água desejado em menor espaço de tempo do que a secagem com sílica gel, e a sílica gel precisou ser trocada após cinco dias de secagem.

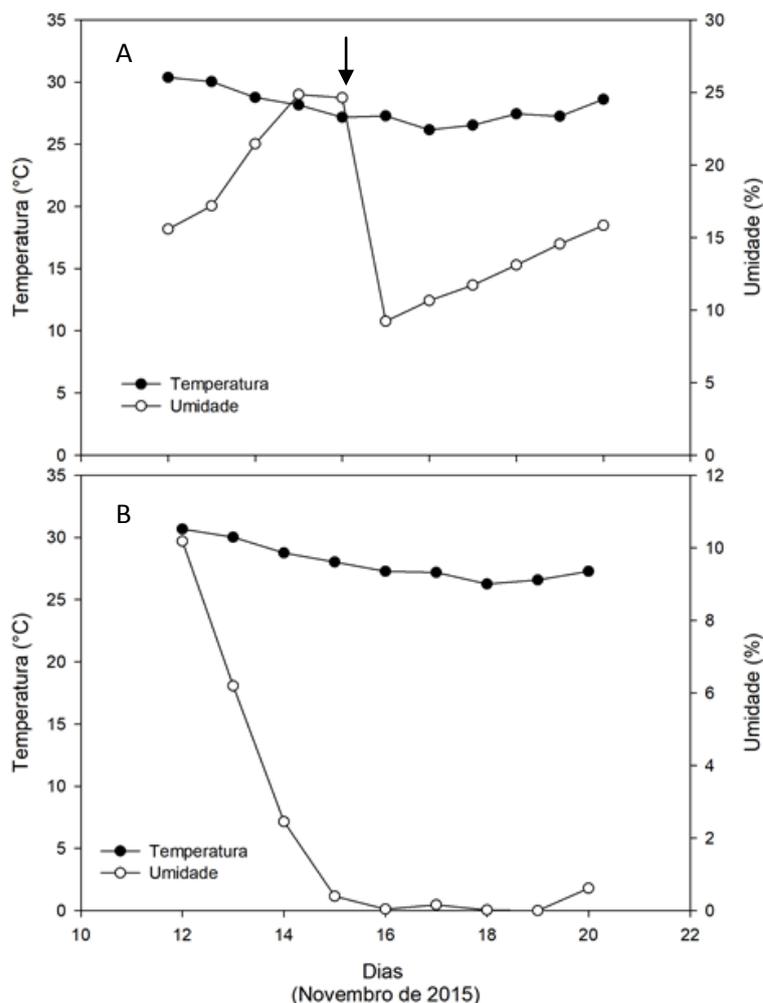


Figura 1. Controle de temperatura e umidade do ar durante a secagem das sementes com sílica gel (A) e grânulos de zeólito (B). Médias dos valores diários (dia 12/11 até 22/11) referentes ao mês de novembro de 2015. Troca do dessecante sílica gel ↓.

A amostra de cada bandeja foi pesada diariamente para observar a perda de água pelas sementes, sendo determinado o teor de água de acordo com a equação:

$$Pf = Pi.(100-TAi/100-TAf)$$

Em que Pf: peso final da amostra (g); Pi: peso inicial da amostra (g); TAi: teor de água inicial (% b.u.); e T Af: teor de água desejado (% b.u.)

### 5.2.2 Temperaturas e períodos de armazenamento

Após a secagem, as sementes foram divididas e acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno com 0,20 mm de espessura e 20x30 de tamanho, sendo uma parte armazenada a 10°C e a outra, a 20°C, ambas em câmaras de armazenamento (B.O.D. sem luz), juntamente com as sementes úmidas (testemunha).

Os tratamentos foram constituídos de sem secagem/armazenamento 10°C; sem secagem/armazenamento 20°C; secagem sílica/armazenamento 10°C; secagem sílica/armazenamento 20°C; secagem grânulos de zeólito/armazenamento 10°C; e secagem grânulos de zeólito/armazenamento 20°C. Cada tipo de secagem teve seu tratamento controle constituído de sementes não armazenadas.

As avaliações de vigor representadas pelas análises da condutividade elétrica, o teste de germinação e o teste de emergência foram feitos nos períodos de armazenamento de 0, 4, 20, 24 e 28 meses. Os ensaios bioquímicos foram feitos com amostras dos períodos de armazenamento de 0, 20 e 28 meses. Por ser inviável proceder às análises bioquímicas da quantidade total de amostras dos cinco períodos de armazenamento, foram selecionados o início o meio e o final do armazenamento.

### 5.2.3 Teste de condutividade elétrica

Esse teste foi feito em cada tratamento com quatro repetições de 8 sementes cada, previamente pesadas em balança de precisão de 0,001 g e, em seguida, colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água deionizada, mantidas em câmara do tipo B.O.D. a 30°C por 24 h. Após esse período, agitou-se cada amostra, individualmente, com bastão de vidro, e determinou-se a condutividade elétrica em condutímetro digital, da marca Tecnal, modelo TEC-4 MP, sendo os resultados expressos em  $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ , de acordo com o método descrito por Vieira, Krzyzanowski e França Neto (1999).

#### 5.2.4 Teste de germinação e índice de velocidade de germinação

Para o teste de germinação, as sementes foram tratadas com fungicida sistêmico e de contato Derosal, na diluição de uma parte do fungicida para uma parte de água (1:1). A semeadura foi feita em folhas de papel “germitest”, umedecidas com água destilada, em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco, com quatro repetições de 16 sementes (Adaptado de BRASIL, 2009). Os rolos foram mantidos em germinador (B.O.D.) regulado à temperatura de 30°C e as avaliações foram feitas diariamente, considerando como semente germinada quando havia 1 cm de raiz exposta até completa estabilização. O índice de velocidade de germinação foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas registrado a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a contagem da germinação (MAGUIRE, 1962).

#### 5.2.5 Teste de emergência e índice de velocidade de emergência

No teste de emergência, as sementes também foram tratadas com fungicida sistêmico e de contato Derosal, na diluição de uma parte do fungicida para uma parte de água (1:1). e cada tratamento foi dividido em quatro repetições de dezesseis sementes. A semeadura foi feita a 3 cm de profundidade em canteiros de areia, mantidos em casa de vegetação, com quatro irrigações diárias de 15 min cada (Adaptado de BRASIL, 2009). Foram consideradas emergidas quando os cotilédones das plântulas haviam saído inteiramente do solo, encerrando quando foi obtida sua completa estabilização. A porcentagem final de emergência foi determinada considerando apenas as plântulas normais. O índice de velocidade de emergência de plântulas foi avaliado de acordo com Maguire (1962), em que observações diárias foram feitas após a instalação do teste, contando-se o número de plântulas emergidas por dia, dividindo esse número pelo número de dias transcorridos da data de semeadura.

#### 5.2.6 Análises bioquímicas

Amostras contendo cinco sementes cada tratamento foram coletadas no período de 0, 20 e 28 meses de armazenamento, com quatro repetições, armazenadas individualmente em papel alumínio e mantidas em nitrogênio (N<sub>2</sub>) líquido durante as coletas e, em seguida, armazenadas em ultrafreezer a -80°C para posterior análise.

### 5.2.6.1 Determinação da atividade de enzimas do sistema antioxidativo

Para a obtenção do extrato enzimático utilizado na determinação da atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase inespecífica (POX) e ascorbato peroxidase (APX), 0,250 g de tecidos de reservas/embrionários foram macerados com N<sub>2</sub> líquido e homogeneizados em 2 mL de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,8), contendo ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 0,1 mM, fluoreto de fenilmetilsulfônico (PMSF) 1 mM e polivinilpirrolidona (PVPP) 5% (m/v). O homogeneizado foi centrifugado a 15000 × g, por 15 min, a 4 °C, e o sobrenadante, usado como extrato para as determinações enzimáticas.

A atividade da SOD foi determinada pela adição de 60 µL do extrato de tecidos de reservas/embrionários em 1,94 mL de mistura de reação constituída de tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 7,8), metionina 13 mM, azul de p-nitro-tetrazólio (NBT) 75 µM, EDTA 0,1 mM e riboflavina 2 µM (DEL LONGO et al., 1993). A reação ocorreu a 25 °C sob iluminação de lâmpadas de 15 W. Após 5 min de exposição à luz, a iluminação foi interrompida, e a formazana azul, produzida pela fotorredução do NBT, foi medida em espectrofotômetro (Evolution 60, Thermo Fisher Scientific Inc., Massachusetts - EUA), a 560 nm (GIANNOPOLITIS e RIES, 1977). As amostras controle tiveram suas absorbâncias medidas a 560 nm, utilizando mistura de reação mantida no escuro por 5 min. Os valores obtidos foram subtraídos das leituras das amostras das repetições dos tratamentos que receberam iluminação. Uma unidade da SOD foi definida como a quantidade de enzima necessária para inibir em 50% a fotorredução do NBT (BEAUCHAMP e FRIDOVICH, 1971). A atividade da SOD foi expressa em unidades de SOD min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

A atividade da CAT foi determinada pelo método de Cakmak e Marschner (1992). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,8) e de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM em um volume de 2 mL. A reação foi iniciada pela adição de 50 µL do extrato de tecidos de reservas/embrionários, e a atividade, determinada pelo consumo de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 240 nm, durante 1 min, a 25 °C. O coeficiente de extinção molar de 36 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> (ANDERSON *et al.*, 1995) foi usado para determinar a atividade da CAT, que foi expressa em mmol min<sup>-1</sup> mg<sup>-1</sup> de proteína.

A atividade da POX foi determinada pela oxidação do pirogalol, de acordo com a metodologia proposta por Kar e Mishra (1976). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de potássio 25 mM (pH 6,8), pirogalol 20 mM e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 mM em um

volume de 2 mL. A reação foi iniciada pela adição de 15  $\mu\text{L}$  do extrato de tecidos de reservas/embrionários, e a atividade, determinada pelo consumo de  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 420 nm, durante 1 min, a 25 °C. O coeficiente de extinção molar de 2,47  $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$  (CHANCE e MAEHLEY, 1955) foi usado para calcular a atividade da POX, que foi expressa em  $\mu\text{mol}$  de purpurogalina produzida  $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$  de proteína.

A atividade da APX foi determinada pelo método de Nakano e Asada (1981). A mistura de reação foi constituída de tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,8),  $\text{H}_2\text{O}_2$  1 mM e ascorbato 0,8 mM, em um volume de 2 mL. A reação foi iniciada pela adição de 50  $\mu\text{L}$  do extrato foliar, e a atividade, medida pela oxidação do  $\text{H}_2\text{O}_2$  dependente do ascorbato a 290 nm, durante 1 min, a 25 °C. O coeficiente de extinção molar de 2,8  $\text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$  (NAKANO e ASADA, 1981) foi usado para calcular a atividade da APX, que foi expressa em  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$  de proteína.

#### 5.2.6.2 Determinação da atividade da enzima lipoxigenase (LIPO)

Para determinar a atividade da LIPO, 0,3 g de tecidos de reservas/embrionários foram triturados com nitrogênio líquido e homogeneizados em 2 ml de uma solução contendo tampão fosfato de potássio 50 mM (pH 6,8), ácido etilenodiaminotetracético 1 mM (EDTA), fluoreto de fenilmetilsulfonilo 1 mM (PMSF) e polivinilpirrolidona 5% (m / vol) (PVP). O homogenato foi centrifugado a  $12.000 \times g$  durante 15 min a 4° C, e o sobrenadante, usado para determinar as atividades da LIPO. Determinou-se a atividade da LIPO adicionando 10  $\mu\text{L}$  do extrato enzimático bruto a uma mistura de reação contendo tampão fosfato de sódio 50 mM (pH 6,5) e linoleato de sódio 50  $\mu\text{M}$ . Essa mistura foi incubada a 25 e a absorbância do produto libertado pela LIPO durante 3 min foi medido a 234 nm. O coeficiente de extinção de 25.000  $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$  foi utilizado para calcular a atividade da LIPO (AXELROD *et al.*, 1981), que foi expressa em  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$  de proteína.

#### 5.2.6.3 Determinação da concentração de aldeído malônico (MDA)

Os danos celulares foram avaliados por meio da peroxidação de lipídeos através da concentração MDA, conforme descrito por Cakmak e Horst (1991). Amostras de 100 mg de tecidos de reserva/embrionários foram maceradas em  $\text{N}_2$  líquido e homogeneizadas em 2 mL, constituído de ácido tricloroacético (TCA) 1% (m/v). O homogeneizado foi centrifugado a  $12000 \times g$ , durante 15 min, a 4 °C. Após

centrifugação, 0,5 mL do sobrenadante foi adicionado a 1,5 mL da solução de ácido tiobarbitúrico 0,5% (m/v) (preparado em 20% (m/v) de TCA) e incubado em estufa a 95 °C por 30 min. Após esse período, a reação foi parada em banho de gelo. As amostras foram centrifugadas a  $9000 \times g$ , por 10 min, e a absorbância específica do sobrenadante foi determinada a 532 nm. A absorbância inespecífica foi mensurada a 600 nm e subtraída do valor da absorbância específica. A concentração de MDA foi calculada usando o coeficiente de extinção de  $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  e expressa em  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  de massa fresca (HEATH e PACKER, 1968).

#### 5.2.6.4 Determinação da concentração de proteínas

A concentração de proteínas em cada amostra foi determinada pelo método de Bradford (1976).

#### 5.2.7 Análise estatística

O delineamento experimental para as análises de vigor das sementes foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3 \times 2 \times 4$ , e 3 tratamentos adicionais (controles), sendo três tipos de secagem (sem secagem, secagem sílica gel e secagem grânulos de zeólito) x duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C) x quatro períodos de armazenamento (4, 20, 24 e 28 meses), com quatro repetições, e como controle os três tipos de secagem do período de armazenamento zero.

Para as análises bioquímicas, o ensaio foi arranjado em delineamento inteiramente ao acaso com experimento no esquema fatorial  $3 \times 2 \times 2$ , e 3 tratamentos adicionais (controles), com quatro repetições, consistindo de três tipos de secagem (sem secagem, secagem sílica gel e secagem grânulos de zeólito), duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C) e dois períodos de armazenamento (20 e 28 meses), com os mesmos controles descritos anteriormente.

Os dados foram submetidos à análise de resíduos, ou seja, normalidade, homogeneidade de variância dos resíduos, pelos testes de Shapiro Wilk e Levene, considerando no modelo os fatores citados acima e suas interações (duplas e triplas). Em seguida, foi feita a análise de variância (ANOVA) e desdobrados os fatores quando necessário, e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. O efeito dos adicionais controles, armazenamento zero para as sementes sem secagem, secas com sílica gel e secas com grânulos de zeólito, foi averiguado mediante análise de

Dunnett a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitos pelo programa computacional R version 3.1.0 (R CORE TEAM, 2014).

## 5.3 Resultados

### 5.3.1 Análises fisiológicas

Em todas as variáveis fisiológicas, ou seja, condutividade elétrica, germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), emergência, índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento do epicótilo e massa seca, houve interação tripla entre o tipo de secagem, temperatura e o período de armazenamento.

A maior condutividade elétrica verificada no período de 4, 24 e 28 meses foi em sementes sem secagem e armazenadas a 10°C, em relação aos outros tipos de secagem (Tabela 1). Entre os tipos de secagem e temperaturas, a maior condutividade elétrica foi, de modo geral, para o período de 28 meses de armazenamento, com exceção para as sementes secas com grânulos de zeólito, armazenadas a 10°C, cujo valor maior ocorreu no período de 20 meses. Em relação ao controle, independentemente do tipo de secagem e temperatura, houve maior condutividade elétrica nas sementes armazenadas por 28 meses, fato semelhante foi observado para as sementes sem secagem a 10°C aos 4 e 20 meses e para as sem secagem e secas com grânulos de zeólito a 20°C e 10°C, respectivamente, ambas armazenadas a 20 meses (Tabela 1).

Tabela 1. Condutividade elétrica ( $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$ ) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	Secagem						CV
	Sem		Sílica		Zeólito		
	Temperatura (°C)						
	10	20	10	20	10	20	
4	10,68 Ba*	3,50 Cb	3,42Bb	3,63 Bb	3,83 Cb	3,03 Bb	21,21
20	6,42 Cc	15,42 Ab*	4,57Bd	4,33 Bd	19,98 Aa*	4,64 Bd	
24	9,46 Ba*	6,52 Bb	4,09Bb	5,28 Bb	4,72 Cb	4,36 Bb	
28	17,21 Aa*	13,15 Ab*	7,12Ad	8,53 Ad*	10,46 Bc*	10,18Ac*	
Controle	4,72		4,19		3,19		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente entre si pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

De modo geral, a secagem com sílica resultou em maior germinação nos períodos de 24 e 28 meses a 20°C em relação aos diferentes tipos de secagem (Tabela 2). Sementes armazenadas por 4 meses tiveram maior germinação, independentemente do tipo de secagem e temperatura, com decréscimos acentuados nos demais períodos, com exceção das sementes secas com sílica, armazenadas por 28 meses a 20°C, que atingiram porcentagens similares a 4 meses na mesma temperatura. Em relação a seus respectivos controles, independentemente do tipo de secagem e temperatura, a germinação foi menor a partir dos 4 meses de armazenamento, com exceção para secagem com sílica a 20°C (Tabela 2).

Tabela 2. Germinação (%) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período), nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	Secagem						CV
	Sem		Sílica		Zeólito		
	Temperatura (°C)						
	10	20	10	20	10	20	
4	74 Ab*	92 Aa	85 Aa	83 Aa	77 Ab	83 Aa	13,88
20	29 Ba*	19 Db*	21 Cb*	23 Cb*	13 Bb*	19 Bb*	
24	25 Bc*	34 Cb*	25 Cc*	61 Ba*	13 Bc*	23 Bc*	
28	28 Bd*	75 Ba*	61 Bb*	75 Aa	47 Bc*	29 Bd*	
Controle	89,00		82,75		86,00		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

De modo geral, o maior IVG em todos os períodos foi observado para as sementes armazenadas a 20°C, com exceção do tratamento sem secagem no período de 20 meses (Tabela 3). O período de 4 meses teve maior IVG em todos os tipos de secagem e temperatura em relação aos outros períodos. Aos 20, 24 e 28 meses, os valores de todos os tratamentos foram menores do que o controle (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	Secagem						CV
	Sem		Sílica		Zeólito		
	Temperatura (°C)						
	10	20	10	20	10	20	
4	1,18 Ab	1,55 Aa*	1,26 Ab	1,32 Ab	1,35 Ab*	1,44 Aa*	19,78
20	0,39 Ba*	0,15 Cc*	0,26 Ca*	0,30 Ca*	0,09 Bc*	0,21 Bc*	
24	0,16 Cc*	0,26 Cb*	0,23 Cc*	0,63 Ba*	0,07 Bc*	0,19 Bc*	
28	0,36 Bc*	0,68 Ba*	0,51 Bb*	0,69 Ba*	0,18 Bd*	0,23 Bd*	
Controle	1,08		1,32		0,88		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

A emergência de plântulas foi menor nas sementes secas com grânulos de zeólito a 10°C e 20°C, no período de 4 meses de armazenamento. A mesma situação ocorreu no período de 24 meses para a temperatura de 10°C. Já nos períodos de 20 e 28 meses, a emergência foi menor em sementes sem secagem, armazenadas a 20°C (Tabela 4). Apenas as sementes sem secagem a 20°C e as secas com grânulos de zeólito, independentemente da temperatura, diferiram entre seus períodos de armazenamento, tendo sido a emergência maior nos períodos de 4 e 24 meses no tratamento sem secagem a 20°C e nos períodos de 20 e 28 meses nas sementes secas com grânulos de zeólito a 10°C. Em relação aos tratamentos controle, a emergência de plântulas foi menor nas sementes sem secagem a 20°C, nos períodos de 20 e 28 meses (Tabela 4).

Tabela 4. Emergência (%) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	Secagem						CV
	Sem		Sílica		Zeólito		
	Temperatura (°C)						
	10	20	10	20	10	20	
4	72 a	78 Aa	78 a	72 a	63 Bb	64 Bb	14,08
20	85 a	22 Cb*	86 a	86 a	69 Aa	89 Aa	
24	69 a	84 Aa	78 a	77 a	55 Bb	84 Aa	
28	74 a	55 Bb*	91 a	86 a	78 Aa	78 Aa	
Controle	81,250		76,500		65,750		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

O maior IVE, no período de quatro meses de armazenamento, foi verificado nas sementes secas com sílica a 10°C e nas sem secagem, independentemente da temperatura (Tabela 5). Nos períodos de 20 e 28 meses, o menor IVE foi observado nas sementes sem secagem a 20°C, enquanto para o período de 24 meses, o menor valor foi nas sementes secas com grânulos de zeólito a 10°C. De modo geral, o maior IVE para todos os tipos de secagem e temperatura foi no período de 28 meses, com ênfase para as sementes secas com sílica, armazenadas a 10°C. Em relação ao tratamento controle, independentemente da temperatura, as sementes sem secagem, no período de 20 meses, obtiveram menor IVE, enquanto as sementes secas com sílica a 10°C e com grânulos de zeólito, em ambas as temperaturas, no período de 28 meses, tiveram valores maiores de IVE quando comparadas ao controle, da mesma forma, as sementes secas com grânulos de zeólito, armazenadas a 20°C no período de 24 meses (Tabela 5).

Tabela 5. Índice de velocidade de emergência (IVE) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	Secagem						CV
	Sem		Sílica		Zeólito		
	Temperatura (°C)						
	10	20	10	20	10	20	
4	0.74 Aa	0.72 Aa	0.76 Ba	0.58 Cb	0,54 Bb	0.51 Bb	15,15
20	0.47 Ba*	0.12 Bb*	0.50 Ca	0.49 Ca	0,40 Ca	0.50 Ba	
24	0.69 Ac	0.82 Aa	0.76 Bb	0.72 Bb	0,58 Bd	0.82 Aa*	
28	0.82 Ab	0.64 Ac	1,03 Aa*	0.87 Ab	0,88 Ab*	0.84 Ab*	
Controle	0,72		0,63		0,53		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

O comprimento do epicótilo foi maior nas sementes secas com sílica, armazenadas a 10°C nos períodos de 4, 24 e 28 meses (Tabela 6). Para as sementes sem secagem, independentemente da temperatura, o comprimento do epicótilo de maior

valor foi verificado no período de 4 meses e, para as sementes secas com grânulos de zeólito a 20°C, foi no período de 24 meses. Independentemente do tipo de secagem e da temperatura de armazenamento, todos os tratamentos obtiveram menor comprimento do epicótilo em relação a seus tratamentos controle (Tabela 6).

Tabela 6. Comprimento do epicótilo (cm) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	Secagem						CV
	Sem		Sílica		Zeólito		
	Temperatura (°C)						
	10	20	10	20	10	20	
4	12,90 Aa*	11,58 Aa*	11,73 Aa*	10,1 b*	9,95 Ab*	10,70Bb*	7,98
20	8,73 Cc*	7,95 Bd*	8,23 Bd*	9,48b*	9,83 Aa*	9,50 Bb*	
24	11,10 Ba*	7,30 Bc*	11,58Aa*	10,48 b*	8,48 Bc*	11,68Aa*	
28	9,23 Cc*	8,40 Bd*	10,93Aa*	10,33b*	10,23Ab*	10,30Bb*	
Controle	17,05		16,00		16,60		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

De modo geral, como no comprimento do epicótilo, as sementes secas com sílica e armazenadas a 10°C obtiveram maior massa seca nos períodos de 4, 24 e 28 meses (Tabela 7). Todos os tratamentos, independentemente do tipo de secagem e temperatura, nos diferentes períodos estudados, tiveram menor massa seca do que o tratamento controle, exceto as sementes secas com sílica, armazenadas a 10°C no período de 4 meses, que não diferiram do seu controle (Tabela 7).

Tabela 7. Massa seca (g) de sementes de *A. othonianum* armazenadas por 4, 20, 24 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C e nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	Secagem						CV
	Sem		Sílica		Zeólito		
	Temperatura (°C)						
	10	20	10	20	10	20	
4	1,94 Aa*	1,86 Aa*	2,04 Aa	1,75 Ab*	1,83 Aa*	1,74Ab*	11,84
20	0,79 Cb*	0,78 Bb*	0,93 Db*	1,08 Ba*	1,07 Ba*	1,05 Ba*	
24	1,27 Ba*	0,75 Bd*	1,31 Ca*	1,08 Bb*	0,94 Bc*	1,22 Ba*	
28	1,20 Bb*	0,94 Bd*	1,54 Ba*	1,11 Bc*	1,40 Bb*	1,28 Bb*	
Controle	2,27		2,20		2,37		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

### 5.3.2 Análises enzimáticas

Houve interação tripla entre secagem, temperatura e armazenamento apenas para a atividade das enzimas SOD e lipoxigenase, Tabela 8, ao passo que, para a atividade da APX, ocorreram interações duplas entre temperatura e secagem e entre período e secagem para MDA (Tabela 9). O efeito do período de armazenamento foi significativo para a APX, Tabela 10, e houve efeito temperatura sobre o MDA (Tabela 11). Para as enzimas CAT e POX, não houve efeito das interações, tampouco do efeito principal (Tabela 12).

As sementes sem secagem e secas com sílica, ambas armazenadas a 10°C no período de 28 meses, tiveram maior atividade da enzima SOD em comparação com os demais tratamentos (Tabela 8). Apenas na temperatura de 10°C, no período de 28 meses, houve diferença entre os tipos de secagem, sendo verificado, nesse mesmo período, que as sementes sem secagem tiveram maior atividade da SOD que as demais (Tabela 8).

No período de 20 meses, a maior atividade da LIPO foi nas sementes sem secagem e secas com grânulos de zeólito, ambas armazenadas a 10°C, em comparação com a temperatura de 20°C e em comparação com o período de 28 meses, independentemente da temperatura dentro do mesmo tipo de secagem (Tabela 8). Nas sementes secas com sílica, o aumento da atividade da LIPO foi registrado nas duas temperaturas no período de 28 meses. Em relação aos seus tratamentos controle, independentemente da temperatura, no período de 20 meses, as sementes secas com sílica e as sementes sem secagem, armazenadas a 20°C, obtiveram menor atividade da LIPO, o contrário ocorreu com as sementes secas com grânulos de zeólito, armazenadas a 10°C no período de 20 meses (Tabela 8).

Na interação entre temperatura e tipo de secagem, as sementes sem secagem e armazenadas a 10°C obtiveram maior atividade da APX (Tabela 9). E na interação entre período de armazenamento e tipo de secagem, o teor de MDA foi maior nas sementes secas com sílica e com grânulos de zeólito aos 28 meses em comparação ao período de 20 meses. Em relação ao tratamento controle, o teor de MDA foi menor em todos os

tipos de secagem no período de 20 meses e nas sementes sem secagem no período de 28 meses (Tabela 9).

Tabela 8. Atividade da superóxido dismutase (SOD) e da lipoxigenase (LIPO) em sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 20 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C, nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Secagem	Período (meses)				Controle	CV
	20		28			
	Temperatura (°C)					
	10	20	10	20		
SOD						
Sem	0,81 b	1,39 b	4,30 Aa	1,59 b	2,45	
Sílica	1,51 b	1,10 b	2,76 Ba	0,40 b	1,99	51,78
Zeólito	1,64	1,66	1,47 B	2,09	3,01	
LIPO						
Sem	49,75 Aa	11,08 Bc*	29,19 Bb	40,98 Bb	52,11	
Sílica	19,13 Bc*	32,92 Ab*	70,07 Aa	45,04 Aa	64,16	34,06
Zeólito	53,09 Aa*	36,43 Ab	37,23 Bb	37,36 Bb	29,35	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

Tabela 9. Atividade da peroxidase do ascorbato (APX) em sementes de *Anacardium othonianum* submetidas aos processos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito) e armazenadas nas temperaturas de 10 ou 20°C. Concentração de aldeído malônico (MDA) em sementes armazenadas por 20 e 28 meses (período) e submetidas aos mesmos tipos de secagem acima descritos.

Secagem	APX		Controle	CV
	Temperatura (°C)			
	10	20		
Sem	0,57 Aa	0,28 b	0,24	
Sílica	0,26 B	0,41	0,32	52,45
Zeólito	0,23 B	0,42	0,29	
MDA				
Secagem	Período (meses)		Controle	CV
	20	28		
Sem	10,53*	10,44*	13,78	
Sílica	9,99 b*	11,84 a	13,55	11,88
Zeólito	9,17 b*	11,23 a	12,31	

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas de asteriscos diferem estatisticamente pelo

teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

O efeito do período de armazenamento para a APX foi maior aos 20 meses do que aos 28 meses de armazenamento, independentemente do tipo de secagem e temperatura (Tabela 10).

Tabela 10. Atividade da peroxidase do ascorbato (APX) em sementes de *Anacardium othonianum* aos 20 e 28 meses de armazenamento (período) e os controles (tempo zero) dos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) e secagem com grânulos de zeólito (zeólito).

Período (meses)	APX
20	0,42 A
28	0,30 B
Controle Sem	0,24
Sílica	0,32
Zeólito	0,29

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Considerando o efeito temperatura sobre o MDA, não houve diferença entre as temperaturas de 10°C e 20°C (Tabela 11). Em comparação com o controle nos tipos de secagem, a temperatura de 10°C obteve menor teor de MDA que os três tipos de secagem, e a temperatura de 20°C obteve menor teor somente nas sementes sem secagem e secas com sílica (Tabela 11).

Tabela 11. Teor de aldeído malônico (MDA) nas sementes de *Anacardium othonianum* submetidas às temperaturas 10 ou 20 °C e os controles (tempo zero) dos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) e secagem com grânulos de zeólito (zeólito).

Temperatura (°C)	MDA
10	10,31 *+-
20	10,75 *+
Controle Sem	13,78 *
Sílica	13,55 +
Zeólito	12,31 -

Médias seguidas de asterisco (\*), soma (+) e menos (-) diferem estatisticamente pelo teste de Dunnet a 5% de probabilidade dos adicionais controles sem secagem, secagem com sílica e com grânulos de zeólito no tempo zero.

Tabela 12. Atividade da catalase (CAT) e peroxidase (POX) nas sementes de *Anacardium othonianum* armazenadas por 20 e 28 meses (período) nas temperaturas de 10 ou 20°C e nos seguintes tipos de secagem: sem secagem (sem), secagem com sílica (sílica) ou com grânulos de zeólito (zeólito).

Tratamentos		CAT	POX
Secagem	Sem	0,09	2,64
	Sílica	0,09	1,58
	Zeólito	0,07	1,36
Temperatura (°C)	10	0,08	2,35
	20	0,09	1,37
Período (meses)	20	0,09	1,43
	28	0,09	2,29
Controle	Sem	0,07	1,21
	Sílica	0,07	1,68
	Zeólito	0,05	1,75
CV		59,03	34,53

CV: Coeficiente de variação.

#### 5.4 Discussão

Considerando o tipo específico de secagem, o sucesso do armazenamento da semente de *A. othonianum* depende da escolha correta da temperatura de armazenamento e do período em que se pretende guardá-las.

O teor de água (11,46% e 11,12%) nas sementes secas com dessecantes (sílica gel e grânulos de zeólito) não interferiu de forma negativa no vigor da semente de *A. othonianum*, como mostrado nos testes de germinação e emergência. Testes de raio-X e testes fisiológicos com sementes dessa espécie corroboram esses resultados, pois revelaram o não comprometimento do vigor de sementes de *A. othonianum* após secagem com sílica gel até o teor de água de 4% (SILVA *et al.*, 2017), porém sem estudos com armazenamento, o que foi feito neste estudo. Lima *et al.* (2012) reportaram que sementes de *A. othonianum* armazenadas por 12 meses a 18°C tiveram maior desempenho fisiológico quando o teor de água estava entre 20% e 16,8% do que aquelas armazenadas a 29,5%. Esses resultados demonstram que menor teor de água nas sementes *A. othonianum* é determinante para o sucesso de armazenamento por períodos mais longos.

A importância da secagem para sementes de *A. othonianum* pôde ser comprovada neste estudo, pois as sementes armazenadas sem secagem a 10°C, independentemente do período de armazenamento, tiveram maior condutividade

elétrica. A secagem de sementes com grânulos de zeólito, armazenadas a 10°C, no período de 20 meses, também apresentou maior condutividade elétrica, mas quando armazenadas a 20°C, houve menor condutividade elétrica por 20 e 24 meses, corroborando os testes de emergência, da medida do IVE, do comprimento do epicótilo e da massa seca. Esse resultado mostra o maior desempenho fisiológico das sementes secas com grânulos de zeólito, armazenadas a 20°C, do que as sementes armazenadas a 10°C. A menor condutividade elétrica foi, de modo geral, propiciada pela secagem com sílica e pelo acondicionamento a 10°C e 20°C por 20 e 28 meses, respectivamente, corroborando o IVG. Esses resultados em conjunto demonstram que o processo de secagem com sílica agride menos a membrana celular de sementes de *A. othonianum* durante o armazenamento a 10°C e 20°C, enquanto o processo de secagem com grânulo de zeólito reduz esses danos durante o armazenamento a 20°C. Os resultados do teste de condutividade elétrica, com subsequentes testes de germinação, têm sido eficientes para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes em estudos de armazenamento de espécies florestais, como a *Sebastiania commersoniana* (SANTOS e PAULA, 2005), e para avaliar lesões na membrana das células das sementes, causadas pela peroxidação lipídica (Goel *et al.* 2003), confirmando os resultados deste estudo.

Independentemente do tipo de secagem, a porcentagem de germinação nas sementes de *A. othonianum* foi maior no período de 4 meses em relação aos outros períodos, não diferindo dos tratamentos controle (89% a 83%), isso indica a não necessidade do uso dos dessecantes para secar sementes dessa espécie para armazenamento até 4 meses. O IVG confirma os resultados de germinação no período de 4 meses em comparação com os outros períodos de armazenamento e acrescenta ainda valor maior para o tratamento sem secagem e armazenamento a 20°C (1,55). Para o armazenamento a longo prazo, a secagem com sílica a 20°C se destaca em dois períodos: 24 meses com a porcentagem de 61% de germinação e IVG de 0,63 e 28 meses com a porcentagem de germinação de 75% e IVG de 0,69. Assim, esses resultados evidenciam que no período de 2 anos ou mais a secagem sílica com armazenamento a 20°C é mais adequada para a semente *A. othonianum*.

Neste estudo, a emergência de plântulas de sementes de *A. othonianum*, nos diferentes tipos de secagem e temperatura, foi acima de 60%, sendo similar desde o armazenamento 0 até o de 28 meses; com exceção do sem secagem a 20°C, que ficou abaixo de 60% nos períodos de 20 e 28 meses (Tabela 5). No período de 28 meses de armazenamento, observou-se, no tratamento de secagem sílica a 10°C, IVE com valor

de 1,03, que foi maior em comparação a todos os tratamentos, confirmando a hipótese deste estudo de que as sementes de *A. othonianum* necessitam ser secas para o sucesso de seu armazenamento, com ênfase para a secagem com sílica e armazenamento a 10°C.

Em concordância ao observado para as análises fisiológicas, as medidas do comprimento do epicótilo e da massa seca indicam que não há necessidade de secar a semente de *A. othonianum* para ser armazenadas até 4 meses a 20°C. Esses resultados trazem informação que contribuirá para a economia de tempo (não secagem) e de recursos financeiros com a compra de dessecantes, além do mais, possibilitará o uso racional da energia nas câmaras de armazenamento, caso o objetivo seja armazenar até 4 meses. Já se o objetivo for armazenar as sementes de *A. othonianum* por 2 anos ou mais, as medidas do comprimento do epicótilo e da massa seca indicam a secagem com sílica a 10°C como a mais indicada para manter o vigor.

Assim, neste estudo, o conjunto das análises fisiológicas define como mais eficiente o tratamento com secagem sílica gel em temperatura de 10°C para armazenamento superior ao período de 4 meses até 28 meses. Em relação ao uso somente do dessecante grânulos de zeólito, verifica-se que a temperatura de 20°C obteve melhor resultado do que a 10°C até 24 meses. Isso pôde ser comprovado pelos testes de condutividade elétrica, de emergência em porcentagem, pela medida do IVE, pelo comprimento do epicótilo e da massa seca. Dessa forma, o uso desse dessecante é indicado para a conservação do vigor das sementes de *A. othonianum* armazenadas até no máximo 2 anos.

A maior atividade da SOD foi observada nas sementes sem secagem e secagem sílica a 10°C, no período de 28 meses, em relação à temperatura de 20°C. Segundo reportado por Liu et al. (2018), a atividade da SOD é usada como índice de vigor de sementes em *Metasequoia glyptostroboides*, pela sua correlação positiva com a média de germinação de sementes envelhecidas, o que também é mostrado nesse estudo. A maior atividade da SOD em sementes secas com sílica a 10°C, associada à não redução na porcentagem de emergência, do IVE, do comprimento do epicótilo e da massa seca, indica que essa enzima foi importante para reduzir o processo de deterioração ocorrido naturalmente durante o armazenamento, porém não foi suficiente para as sementes não secas, pois nessas houve redução da germinação, do comprimento do epicótilo e da massa seca, mais uma vez reforçando a necessidade da secagem para sementes de *A. othonianum*.

Neste estudo, a atividade da LIPO é potencializada aos 28 meses de

armazenamento nas sementes secas com sílica, independentemente da temperatura testada, comprovando ter relação com as médias de germinação, emergência, IVG, IVE, comprimento do epicótilo, massa seca e condutividade elétrica. Oliveira *et al.* (2006) reportaram que a maior atividade da lipoxigenase em sementes de soja potencializou a velocidade de emergência. Esses resultados, em conjunto, comprovam a importância da enzima LIPO para o sucesso da manutenção do vigor das sementes secas com sílica, armazenadas por longos períodos.

A deficiência na atuação das enzimas em eliminar EROs é um dos principais determinantes na perda de viabilidade e vigor em diversas sementes (KIBINZA *et al.*, 2006; VARGHESE e NAITHANI, 2008; SAHU *et al.*, 2017). Neste estudo, a maior atividade da SOD e da LIPO pôde ser relacionada com o melhor desempenho observado para as sementes secas com sílica gel nas análises fisiológicas.

A maior atividade da APX foi observada nas sementes sem secagem a 10°C, em relação aos outros tipos de secagem testados, no período de 20 meses do que no de 28 meses, sem diferir com o armazenamento 0 (controle). A manutenção da atividade da APX nos mesmos níveis em relação ao controle sugere que essa enzima não teve nenhum efeito sobre o envelhecimento. Em concordância com esse resultado, Liu *et al.* (2018) reportaram que também não houve alteração na atividade da APX durante o tratamento do envelhecimento da espécie florestal *Metasequoia glyptostroboides*.

O aumento de MDA, caracterizando a elevação dos danos celulares, foi verificado na secagem sílica e secagem grânulos de zeólito no período de 28 meses, em relação ao período de 20 meses, mostrando o estresse inevitável causado pelos dessecantes ao longo do armazenamento. No armazenamento zero (controle), verificou-se valor maior de MDA do que no período de 20 meses e teor similar no período de 28 meses, demonstrando que o conteúdo de MDA não tem relação com as médias de germinação, IVG e IVE da semente de *A. othonianum* verificadas neste estudo. Comportamento semelhante foi reportado por Liu *et al.* (2018) para sementes de *Metasequoia glyptostroboides*. Esses autores reportaram que não há relação entre o conteúdo de MDA e a porcentagem média de germinação.

## 5.5 Conclusões

Não há necessidade de submeter as sementes de *A. othonianum* à secagem para o período de 4 meses de armazenamento a 20°C, levando em consideração o teor de água inicial em torno de 16%.

Em conjunto, as análises fisiológicas e bioquímicas deste estudo definem a secagem das sementes de *A. othonianum* com o dessecante sílica gel, armazenadas a 10°C, como o método mais eficiente para o armazenamento por períodos subsequentes ao de quatro meses até 28 meses.

## 5.6 Referências Bibliográficas

AGOSTINI-COSTA, T. da S.; FARIA, J. P.; NAVES, R. V.; VIEIRA, R. F. Cajus do Cerrado. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. da S.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M. (Ed.). **Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, cap. 8, p. 136-151, 2006.

AMARO, H. T. R. **Maturação, secagem e armazenamento na qualidade de sementes de crambe**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 83f. 2017.

ANDERSON, D.; PRASAD, K.; STEWART, R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings. **Plant Physiology**, v. 109, p. 1247-1257, 1995.

AXELROD, B.; CHEESBROUGH, T. M.; LAASKO, S. Lipoxygenases from soybeans. **Methods in Enzymology**, v. 71, p. 441-451, 1981.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, p. 276-287, 1971.

BRADFORD, M. N. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

CABRAL, J. S. R.; VASCONCELOS, J. M.; ALBERTO, P. E.; SALES, J. F.; SILVA, F. G. Tolerância e dessecação de caju-de-árvore-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória, ES, **Anais...** Vitória: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.

CAKMAK, I.; MARSCHNER, H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. **Plant Physiology**, v. 98, p. 1222-1227, 1992.

CAKMAK, L.; HORST, W.J. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxide activity in root tip of soybean (*Glycine max*). **Plant Physiology**, v. 83, p. 463-468, 1991.

CHANCE, B.; MAEHLEY, A.C. Assay of catalases and peroxidases. **Methods in Enzymology**, v. 2, p. 764-775, 1955.

COSTA, C. J. **Armazenamento e conservação de sementes de espécies do Cerrado**. Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, 2009. Documentos 265.

COSTA P.M.; MARTINS C.F. Conservação de recursos genéticos animais através de biotécnicas de Reprodução. **Universitas Ciências da Saúde**, v. 6, p. 39-55, 2008.

DEL LONGO, O. T.; GONZÁLEZ, C. A.; PASTORI, G. M.; TRIPPI, V. S. Antioxidant defences under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant and Cell Physiology**, v. 34, p. 1023-1028, 1993.

GIANNOPOLITIS, C. N.; RIES S. K. Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. **Plant Physiology**, v. 59, p. 309-314, 1977.

GOEL, A.; GOEL, A. K.; SHEORAN, I. S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 160, 2003.

GU, R; ZHOU, Y; SONG, X; XU, S; ZHANG, X; LIN, H; XU, S; YUE, S; ZHU, S. Tolerance of *Ruppia sinensis* Seeds to Desiccation, Low Temperature, and High Salinity With Special Reference to Long-Term Seed Storage. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018.

HAY, F. R.; THAVONG, P.; TARIDNO, P.; TIMPLE, S. Evaluation of zeolite seed 'Drying Beads®' for drying rice seeds to low moisture content prior to long-term storage. **Seed Science and Technology**, v. 40, p. 374-395, 2012.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 125, p. 189-198, 1968.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 13ª ed., 2002.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, p. 315-319, 1976.

KIBINZA, S.; VINEL, D.; CÔME, D.; BAILLY, C.; CORBINEAU, F. Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. **Plant Physiology**, v. 128, p. 496-506, 2006.

LI, D. Z.; PRITCHARD, H. W. The science and economics of *ex situ* plant conservation. **Trends in Plant Science**, v. 14, p. 614-621, 2009.

LIMA, R. E. de; NETO, A. R.; SILVA, F. G.; SALES, J. de F.; SANTANA, J. das G.; CORRÊA, R. M.; Influência do teor de água e do armazenamento na germinação de sementes de caju-de-árvore-do-Cerrado. **Global Science and Technology**, v. 5, p. 78-82, 2012.

LIU, H.; ZHU, Y.; LIU, X.; JIANG, Y.; DENG, S.; AI, X.; DENG, Z. Effect of artificially accelerated aging on the vigor of *Metasequoia glyptostroboides* seeds. **Journal of Forestry Research**, v. 29, 2018.

MACHADO, L.; OLIVEIRA, V. C.; PARAVENTI M. D.; CARDOSO R. N. R.; MARTINS, D. S.; AMBRÓSIO, C. E. Maintenance of Brazilian Biodiversity by germplasm bank. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, p. 62-66, 2016.

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

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina-PR: Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes (ABRATES), 2<sup>a</sup> ed., 2015.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v. 22, p. 867-880, 1981.

OLIVEIRA, Dario Alves de; PIOVESAN, Newton Deniz; JOSÉ, Inês Chamel; BARROS, Everaldo Gonçalves de; DIAS, Denise Cunha Fernandes dos Santos; MOREIRA, Maurílio Alves. Lipoxigenases e teor de ácido linolênico relacionados à qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, p. 30-35, 2006.

PEIXOTO, A. L.; LUZ, J. R. P.; BRITO, M. A. de (Org.). **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília, DF: Editora Vozes, 2016.

PROBERT, R. J. Seed viability under ambient conditions, and the importance of drying. In **Seed Conservation: Turning Science into Practice**. In: SMITH, R. D.; DICKIE, J. B.; LININGTON, S. H.; PRITCHARD, H. W.; PROBERT, R. J. (Eds.). Richmond, UK: Royal Botanic Gardens Kew, p. 337-365, 2003.

RIBEIRO-OLIVEIRA, J. P.; RANAL, M. A. Sementes florestais brasileiras: início precário, presente inebriante e o futuro, promissor? **Ciência Florestal**, v. 24, p. 771-784, 2014.

SAHU, B.; SAHU, A.K.; CHENNAREDDY, S.R.; SONI, A.; NAITHANI, S.C. Insights on germinability and desiccation tolerance in developing neem seeds (*Azadirachta indica*): role of AOS, antioxidative enzymes and dehydrin-like protein. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 112, p. 64-73, 2017.

SANTOS, S. R. G. dos; PAULA, R. C. de. Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Sebastiania commersoniana* (Bail) Smith & Downs - Euphorbiaceae. **Revista Brasileira de Sementes [online]**, v. 27, p.

136-145, 2005.

SILVA, L. A. da; SALES, J. de F.; NEVES, J. M. G.; SANTOS, H. O. dos; SILVA, G. P. Radiographic image analysis of *Anacardium othonianum* Rizz (Anacardiaceae) achenes subjected to desiccation. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 39, p. 235-244, 2017.

SOMADO, E. A.; SANCHEZ, I. M.; NWILENE, F.; SIÉ, M.; OGUNBAYO, A. A.; SANNI, K.; TIA, D. D. Comparative studies of drying methods on the seed quality of interspecific NERICA rice varieties (*Oryza glaberrima* × *Oryza sativa*) and their parents. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, p. 1618-1624, 2006.

VALENCIA, R. A. R.; LOBO, M. A.; LIGARRETO, G. A. M. State of Research of Plant Genetic Resources in Colombia: Germplasm Banks System. **Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 11, p. 85-94, 2010.

VAN ASBROUCK, J.; BRADFORD, K.J. Desiccant beads for efficient seed drying and storage. Palestra da Sessão Técnica 2, **10º Congresso Internacional de Sementes (ISSS)**, Salvador, Bahia, Brasil, 2011.

VARGHESE, B.; NAITHANI, S.C. Oxidative metabolism related changes in cryogenically stored neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 165, p. 755-765, 2008.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. D. B. Teste de condutividade elétrica. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999.

VIEIRA, R. F.; COSTA, T. S. A.; SILVA, D. B.; SANO, S. M. FERREIRA, F. R.; **Frutas nativas da região Centro-Oeste**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

WEISENBERGER, L.; KEIR, M. J. Assessing Status, Capacity, and Needs for the *Ex Situ* Conservation of the Hawaiian Flora. **Pacific Science**, v. 68, p. 525-536, 2014.

ZUCHI, J.; CAMELO, G. N.; SILVA, L. A. da; SALES, J. de F.; Critérios técnicos para teste de germinação e emergência de sementes de *Anacardium othonianum* Rizz. **Informe Goiano / Instituto Federal Goiano**, v. 2, p. 11-23, 2017.