

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

PATRICIA ALVAREZ CABANEZ

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DA MATURAÇÃO,
EMBEBIÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DA JABUTICABA**

(Plinia cauliflora)

ALEGRE-ES

2018

PATRICIA ALVAREZ CABANEZ

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DA MATURAÇÃO,
EMBEBIÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DA JABUTICABA**

(Plinia cauliflora)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Produção Vegetal, na linha de pesquisa em Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Doutoranda: Patricia Alvarez Cabanez.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lopes.

Coorientadores: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre,

Dra. Liana Hilda Golin Mengarda.

ALEGRE-ES

2018

C112a Cabanez, Patricia Alvarez, 1988-
Aspectos fisiológicos e bioquímicos da maturação, embebição e armazenamento de sementes da jabuticaba (*Plinia cauliflora*) / Patricia Alvarez Cabanez. – 2018.
151 f. : il.

Orientador: José Carlos Lopes.

Coorientador: Rodrigo Sobreira Alexandre ; Liana Hilda Golin Mengarda.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Fisiologia vegetal. 2. Sementes. 3. Germinação. 4. Jabuticaba. I. Lopes, José Carlos. II. Alexandre, Rodrigo Sobreira. III. Mengarda, Liana Hilda Golin. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. IV. Título.

CDU: 63

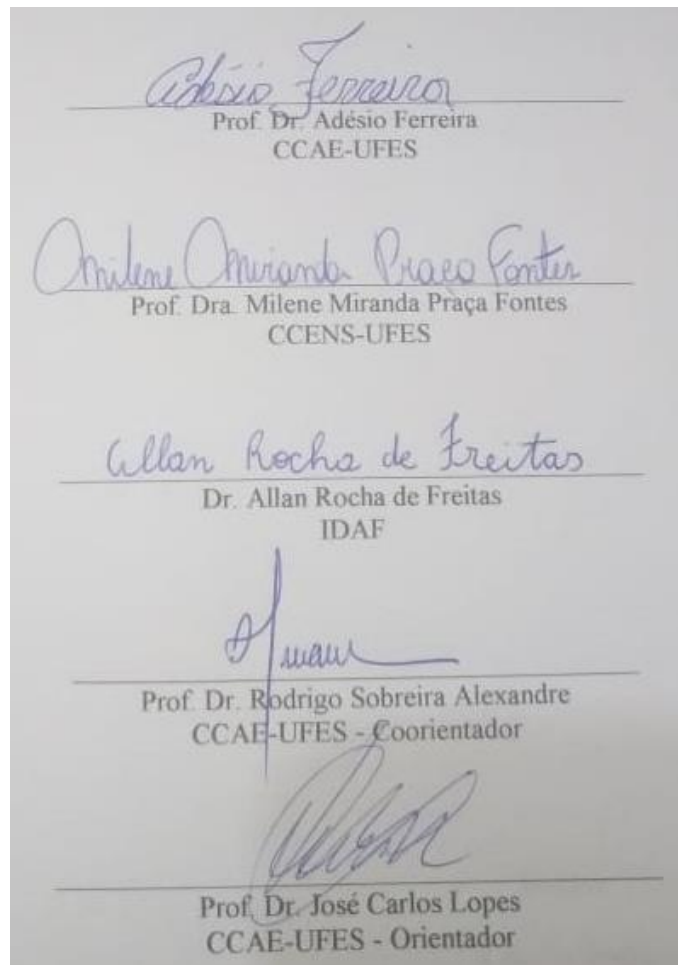
PATRICIA ALVAREZ CABANEZ

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DA MATURAÇÃO,
EMBEBIÇÃO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DA JABUTICABA
(*Plinia cauliflora*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Produção Vegetal, na linha de pesquisa em Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas.

Aprovada em 31 de outubro de 2018.

Banca examinadora:



Dedico

À minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e sabedoria ao longo dessa jornada;

A Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES) e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal;

Aos professores e pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da UFES, pelos valiosos ensinamentos transmitidos;

Ao meu orientador Prof. Dr. José Carlos Lopes, pela oportunidade, orientação, dedicação, compreensão e amizade durante essa jornada. Obrigada pelos ensinamentos que contribuíram para minha formação acadêmica, profissional e pessoal!

Aos meus coorientadores Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre e Dra. Liana Hilda Golin Mengarda pela ajuda durante todo este tempo. Obrigada pela disposição e ensinamentos dedicados para a realização deste trabalho!

Aos meus pais, por todos os ensinamentos, ajuda, força e fé depositados em meus sonhos. Obrigada pelo amor de vocês!

Aos meus irmãos Paula, Priscila e Paulo pelas palavras de incentivo e confiança. Vocês são muito importantes na minha vida. Também aos seus companheiros!

Aos meus tios, primos, sobrinhas, cunhados, sogro e sogra por todo apoio, companheirismo, amor e carinho;

Ao meu marido pela amizade, amor, paciência, ajuda, apoio, incentivo e compreensão nos muitos momentos de ausência;

A Mariana, minha fonte de luz e amor. Obrigada por ser a alegria e o sorriso que tanto necessito.

Agradeço aos meus amigos, parceiros que sempre estiveram presentes, em especial, a Ana Prado, Arêssa Correia, Débora Andrade, Fernanda Souza, Leandro Dias, Lucas Rosa, Lucimara Venial, Neila Fernandes, Nohora Vélez, Samuel Ferreira, Thalita Roza e Vinícius Corrêa, entre muitos outros, que fizeram parte desta caminhada. A amizade e o apoio de vocês foram e são fundamentais na minha vida!

Aos antigos e novos colegas do Laboratório de Análise de Sementes, pelos momentos compartilhados, contribuição, convívio e companheirismo, em especial à Arêssa, Gabriel, Gardênia, Manoel, Matheus, Melissa, Nathália, Nohora e Verônica.

Às colegas de pesquisa com jabuticabeira, Alice Braga, Nathália Fávaris e Verônica Mendes. Obrigada pela valiosa ajuda!

A Gláucia, servidora do CCAE-UFES no Laboratório de Análise de Sementes, pela ajuda, convívio e contribuição;

Aos professores Adésio Ferreira, Edvaldo Fialho dos Reis e Paulo César Cavatti pelas contribuições realizadas;

Aos técnicos de laboratório do CCAE-UFES pelas contribuições realizadas e por ceder parte do seu tempo para conclusão do trabalho;

Ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do CCAE-UFES, em nome do professor Marcelo Antonio Tomaz e da técnica Larissa Ataíde, pela colaboração com as análises bioquímicas;

Ao Celso e Isaías pela ajuda e auxílio;

A Madalena Capucho e Alessandra Carvalho, da secretaria do programa de Pós-Graduação, por toda ajuda e auxílio;

Ao Ifes - Campus de Cachoeiro de Itapemirim;

Aos colegas de trabalho (Ifes-Campus Cachoeiro de Itapemirim), em especial, Adriano Borges, Dante Matielo e Juliana Lacerda, pelo auxílio e companheirismo;

Aos membros Adésio, Allan e Milene pelas contribuições realizadas e por ceder parte do seu precioso tempo para participação na banca examinadora da defesa;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Patricia Alvarez Cabanez, filha de Paulo Cabanez e Tereza de Jesus Alvarez, nasceu em Alegre, estado do Espírito Santo, no dia 21 de julho de 1988. Concluiu o Ensino Médio no ano de 2005 no Instituto Educacional Santos Carvalheira, em Alegre, ES. No ano de 2006 ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES, graduando-se em Engenharia Agrônômica no ano de 2011. cursou Pós-Graduação *Lato Sensu* em Agroecologia pelo Instituto Federal do Espírito Santo entre os anos de 2011 e 2012. Em 2013, ingressou no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre, ES obtendo o título de Mestra em Produção Vegetal no ano de 2015. Em 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, na Linha de Pesquisa Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, com obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal em 31 de outubro de 2018.

RESUMO

CABANEZ, Patricia Alvarez. Aspectos fisiológicos e bioquímicos da maturação, embebição e armazenamento de sementes da jabuticaba (*Plinia cauliflora*). 2018. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientador: Prof. Dr. José Carlos Lopes. Coorientadores: Dra. Liana Hilda Golin Mengarda e Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre.

A jabuticabeira é originária do Centro-Oeste/Sul/Sudeste do Brasil e pertence à família Myrtaceae. O principal método de propagação da jabuticabeira é seminífero, devido à dificuldade de enraizamento adventício. A propagação sexuada pode ser afetada por vários fatores internos e externos, como viabilidade, dormência, maturidade fisiológica, disponibilidade de água na semente e no substrato, luz, gases e temperatura. As sementes da jabuticaba são classificadas como recalcitrantes, o que inviabiliza a sua conservação por métodos convencionais de armazenamento. Compreender as características complexas subjacentes à capacidade de conservação das sementes é de fundamental importância para a manutenção da qualidade. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho estudar aspectos físicos, bioquímicos e fisiológicos da propagação seminífera de *Plinia cauliflora*, caracterizando a absorção de água, a maturação, a germinação e mobilização de reservas durante o armazenamento das sementes. Para isso, foram realizados cinco experimentos conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes e Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia. O primeiro capítulo trata-se de uma revisão de literatura a respeito da cultura, propagação sexuada e os processos de maturação, embebição, hidrocondicionamento, armazenamento e constituição bioquímica das sementes de jabuticaba. O segundo capítulo destinou-se a estudar as alterações morfológicas e bioquímicas do processo de embebição. No terceiro capítulo foram avaliadas a fisiologia e a bioquímica da embebição. No quarto capítulo verificou-se o tempo e a temperatura de armazenamento na germinação, no vigor e no acúmulo de reservas das sementes de jabuticaba. No quinto analisou-se o hidrocondicionamento e o armazenamento das sementes de jabuticaba. No sexto capítulo estudaram-se as alterações nos processos de germinação, vigor e reservas das sementes em função da embalagem e do tempo de armazenamento. Concluiu-se que a maturidade fisiológica de sementes de jabuticaba é obtida após 35 dias da antese, com a máxima germinação e vigor, apresentando menor teor de água e maior acúmulo de massa seca. Maior

qualidade fisiológica das sementes de jabuticaba na maturação coincide com o maior acúmulo de lipídios, carboidratos, proteínas e amido. A curva de embebição não segue o modelo trifásico e em sementes de jabuticaba há redução nas reservas de carboidratos, amidos e lipídios e aumento das proteínas com o avanço da embebição. A melhor temperatura para o armazenamento de sementes de jabuticaba é de 6 °C por 18 dias. Ocorre redução na germinação e no vigor com o aumento do período de armazenamento, com maior degradação de carboidratos, proteínas, lipídios e amido. O hidrocondicionamento, com posterior secagem por 12, 24 e 48 horas para redução parcial no teor de água, é um método adequado para a manutenção da germinação e vigor das sementes. As sementes hidrocondicionadas após 96 horas de secagem apresentam menor desempenho em relação aos tempos de secagem estudados. A melhor embalagem para o armazenamento de sementes de jabuticaba por 20 dias é o saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura. Há maior degradação de carboidratos e proteínas nas sementes de jabuticaba acondicionadas no saco de papel tipo kraft.

Palavras-chave: recalcitrância, germinação, vigor, substâncias de reserva, conservação.

ABSTRACT

CABANEZ, Patricia Alvarez. Physiological and biochemical aspects of the maturation, imbibition and storage of jaboticaba seeds (*Plinia cauliflora*). 2018. Thesis (Doctor degree in Plant Production) - Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES. Advisor: Prof. Dr. José Carlos Lopes. Co-advisor: Dra. Liana Hilda Golin Mengarda and Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre.

The jaboticabeira originates from the Center-West / South / Southeast of Brazil and belongs to the Myrtaceae family. The main method of propagation of the jaboticabeira is seminiferous, due to the difficulty of adventitious rooting. Sexual propagation can be affected by various internal and external factors, such as viability, dormancy, physiological maturity, availability of water in seed and substrate, light, gases and temperature. The seeds of jaboticaba are classified as recalcitrant which makes it impossible to be preserved by conventional storage methods. Understanding the complex characteristics underlying the seed storage capacity is of fundamental importance for the maintenance of quality. In view of the above, the objective of this work was to study the physical, biochemical and physiological aspects of *Plinia cauliflora* seminiferous propagation, characterizing water absorption, maturation, germination and reserve mobilization during seed storage. For that, five experiments were conducted in the Laboratory of Seed Analysis and Laboratory of Mineral Nutrition of Plants of the Department of Plant Science. The first chapter deals with a review of the literature on culture, sexual propagation and maturation, imbibition, hydro-conditioning, storage and biochemical constitution of jaboticaba seeds. The second chapter aimed to study the morphological and biochemical changes of the imbibition process. In the third chapter the physiology and biochemistry of imbibition were evaluated. In the fourth chapter it was verified the time and temperature of storage in the germination, vigor and in the accumulation of the reserves of jaboticaba seeds. Fifth, the hydro-conditioning and the storage of the jaboticaba seeds were analyzed. In the sixth chapter we studied the changes in germination, vigor and seed reserves as a function of packaging and storage time. It was concluded that the physiological maturity of jaboticaba seeds is obtained after 35 days of anthesis, with maximum germination and vigor, with a lower water content and greater accumulation of dry mass. Higher physiological quality of the jaboticaba seeds at maturity coincides with the higher accumulation of lipids, carbohydrates, proteins and starch. The imbibition curve does

not follow the three-phase model and in jabuticaba seeds there is a reduction in the carbohydrate, starch and lipid reserves and an increase of the proteins with the advance of the imbibition. The best temperature for storage of jabuticaba seeds is 6 ° C for 18 days. Reduction in germination and vigor occurs with the increase of storage period, with greater degradation of carbohydrates, proteins, lipids and starch. The hydro-conditioning, with subsequent drying for 12, 24 and 48 hours for partial reduction in the water content, is a suitable method for the maintenance of the germination and vigor of the seeds. The hydro-conditioning seeds after 96 hours of drying have lower performance in relation to the drying times studied. The best packaging for storage of jabuticaba seeds for 20 days is the transparent plastic bag 0.10 mm thick. There is greater degradation of carbohydrates and proteins in the seeds of jabuticaba packaged in the *kraft* paper bag.

Keywords: recalcitrant, germination, vigor, reserve substances, conservation.

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO GERAL	19
1.1	REFERÊNCIAS	21
2.0	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	JABUTICABEIRA	23
2.2	PROPAGAÇÃO SEXUADA DA JABUTICABEIRA.....	24
2.3	VIABILIDADE DE SEMENTES RECALCITRANTES	25
2.4	ARMAZENAMENTO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES	27
2.4.1	Teor de água e temperatura	28
2.4.2.	Embalagem	30
2.5	HIDROCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES	32
2.6	MATURAÇÃO	33
2.7	EMBEBIÇÃO	35
2.8	CONSTITUIÇÃO BIOQUÍMICA DAS SEMENTES E MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DURANTE A GERMINAÇÃO	37
2.9	REFERÊNCIAS	39
3.0	CAPÍTULO 1 – MATURAÇÃO FISIOLÓGICA E QUALIDADE DE SEMENTES DE JABUTICABA	55
3.1	INTRODUÇÃO	55
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	56
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.4	CONCLUSÕES	70
3.5	REFERÊNCIAS	70
4.0	CAPÍTULO 2 – PADRÃO FÍSICO-QUÍMICO DA EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE JABUTICABA	77
4.1	INTRODUÇÃO	77
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	78
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4.4	CONCLUSÕES	83
4.5	REFERÊNCIAS	84
5.0	CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FISIOLÓGICA E CONSTITUIÇÃO BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE JABUTICABA SOB ARMAZENAMENTO	88
5.1	INTRODUÇÃO	88
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	89
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
5.4	CONCLUSÕES	107
5.5	REFERÊNCIAS	107
6.0	CAPÍTULO 4 – CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JABUTICABA	112
6.1	INTRODUÇÃO	112
6.2	MATERIAL E MÉTODOS	114
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	115
6.4	CONCLUSÕES	125
6.5	REFERÊNCIAS	126
7.0	CAPÍTULO 5 – ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JABUTICABA EM DIFERENTES EMABALAGENS: ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS	131
7.1	INTRODUÇÃO	131

7.2	MATERIAL E MÉTODOS	133
7.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
7.4	CONCLUSÕES	145
7.5	REFERÊNCIAS	145
8.0	CONSIDERAÇÕES FINAIS	150

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – MATURAÇÃO FISIOLÓGICA E QUALIDADE DE SEMENTES DE JABUTICABA

- Figura 1. Teor de água (A), condutividade elétrica - CE (B), lixiviação de potássio (C) e porcentagem de poliembrionia (D) em função da maturação das sementes de jabuticaba. *Significância em nível de 1%. 58
- Figura 2. Porcentagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B), tempo médio de germinação (C) e primeira contagem da germinação (D) em função da maturação das sementes de jabuticaba. *Significância em nível de 1%. 60
- Figura 3. Porcentagem de sementes viáveis (A), porcentagem de plântulas normais (B), altura (C), comprimento do sistema radicular (D), massa fresca (E) e seca de plântulas (F) em função da maturação das sementes de jabuticaba. * Significância em nível de 1%. 62
- Figura 4. Teor de lipídios totais (A), carboidratos totais (B), proteínas totais (C), amido (D), fenóis totais (E) e fibras (F) em função da maturação das sementes de jabuticaba. *Significância em nível de 1%. 63

CAPÍTULO 2 – PADRÃO FÍSICO-QUÍMICO DA EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE JABUTICABA

- Figura 1. Curva de embebição de sementes de jabuticaba. 80

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FISIOLÓGICA E CONSTITUIÇÃO BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE JABUTICABA SOB ARMAZENAMENTO

- Figura 1. Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação (C), tempo médio de germinação (D), sementes viáveis (E), plântulas normais (F), comprimento da parte aérea (G), comprimento de raiz (H) e fungos (I) em função da temperatura e tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba. *, ** Significância em nível de 5 e 1 %, respectivamente. \hat{y}_6 – equação da temperatura de 6°C; \hat{y}_{25} – equação da temperatura de 25°C. 92
- Figura 2. Condutividade elétrica das sementes (A), lipídios (B), carboidratos totais (C), proteínas totais (D), amido (E) e fibras (F) em função da temperatura e tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba. *, ** Significância em nível de 5 e 1 %, respectivamente. \hat{y}_6 – equação da temperatura de 6°C; \hat{y}_{25} – equação da temperatura de 25°C. 98
- Figura 3. Primeira contagem de germinação (A), poliembrionia (B), massa fresca (C) e seca (D) de plântulas e fenóis totais (E) em função do tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba. *, ** Significância em nível de 5 e 1 %, respectivamente. 102

CAPÍTULO 4 – CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JABUTICABA

- Figura 1. Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação (C), sementes viáveis (D), plântulas normais (E) e massa seca de plântulas (F) de sementes de jabuticaba após o hidrocondicionamento e diferentes tempos de armazenamento. *, ** Significância em nível de 5 e 1%, respectivamente. \hat{y}_0 - 0 dias de armazenamento; \hat{y}_5 - 5 dias de armazenamento; \hat{y}_{10} - 10 dias de armazenamento; \hat{y}_{15} - 15 dias de armazenamento; \hat{y}_{20} - 20 dias de armazenamento; \hat{y}_{30} - 30 dias de armazenamento..... 116
- Figura 2. Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação (C),

	sementes viáveis (D), plântulas normais (E) e massa seca de plântulas (F) de sementes de jabuticaba após o hidrocondicionamento e diferentes tempos de armazenamento. *, **Significância em nível de 5 e 1%, respectivamente. \hat{y}_0 - sem secagem; \hat{y}_{12} - 12 h de secagem; \hat{y}_{24} - 24 h de secagem; \hat{y}_{48} - 48 h de secagem; \hat{y}_{96} - 96 h de secagem.....	119
Figura 3.	Condutividade elétrica (A), carboidratos totais (B), proteínas totais (C), amido (D), fenóis totais (E) e lipídios (F) de sementes de jabuticaba após o hidrocondicionamento e diferentes tempos de armazenamento. *, **Significância em nível de 5 e 1 %, respectivamente. \hat{y}_0 - 0 dias de armazenamento; \hat{y}_5 - 5 dias de armazenamento; \hat{y}_{10} - 10 dias de armazenamento; \hat{y}_{15} - 15 dias de armazenamento; \hat{y}_{20} - 20 dias de armazenamento; \hat{y}_{30} - 30 dias de armazenamento.....	121
Figura 4.	Condutividade elétrica (A), carboidratos totais (B), proteínas totais (C), amido (D), fenóis totais (E) e lipídios (F) de sementes de jabuticaba após o hidrocondicionamento e diferentes tempos de armazenamento. *, **Significância em nível de 5 e 1%, respectivamente. \hat{y}_0 - sem secagem; \hat{y}_{12} - 12 h de secagem; \hat{y}_{24} - 24 h de secagem; \hat{y}_{48} - 48 h de secagem; \hat{y}_{96} - 96 h de secagem.....	123

CAPÍTULO 5 – ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JABUTICABA EM DIFERENTES EMBALAGENS: ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS

Figura 1.	Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação - IVG (C), primeira contagem da germinação - PCG (D), tempo médio de germinação - TMG (E), sementes viáveis (F) e plântulas normais (G) de sementes de jabuticaba em diferentes embalagens e diferentes tempos de armazenamento. *Significância em nível de 1%. \hat{y}_p - saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura; \hat{y}_k - saco de papel tipo <i>kraft</i>	136
Figura 2.	Comprimento da parte aérea (A), comprimento de raiz (B), massa fresca (C) e seca (D) de plântulas, poliembrião (E), condutividade elétrica (F), lixiviação de potássio (G) e lixiviação de sódio (H) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento. *Significância em nível de 1%. \hat{y}_p - saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura; \hat{y}_k - saco de papel tipo <i>kraft</i>	139
Figura 3.	Carboidratos totais (A), proteínas totais (B), amido (C), fenóis totais (D), fibras (E) e lipídios (F) de sementes de jabuticaba em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento. *Significância em nível de 1%. \hat{y}_p - saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura; \hat{y}_k - saco de papel tipo <i>kraft</i>	142

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – MATURAÇÃO FISIOLÓGICA E QUALIDADE DE SEMENTES DE JABUTICABA

Tabela 1.	Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: teor de água (TA), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LP), poliembrionia (PE), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), primeira contagem da germinação (PCG), sementes viáveis (SV), plântulas normais (PN), comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas, lipídios (LIP), carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM), fenóis totais (FT) e fibras (FIB) de sementes de jabuticaba em função do estágio de maturação.	69
-----------	--	----

CAPÍTULO 2 – PADRÃO FÍSICO-QUÍMICO DA EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE JABUTICABA

Tabela 1.	Teor de lipídios, carboidratos totais, amido, proteínas totais, fenóis totais e fibras em sementes de jabuticaba em função do tempo de embebição.....	82
-----------	---	----

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FISIOLÓGICA E CONSTITUIÇÃO BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE JABUTICABA SOB ARMAZENAMENTO

Tabela 1.	Teor de água (TA), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), sementes viáveis (SV), plântulas normais (PN), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e fungos (FUN) de sementes de jabuticaba armazenadas à temperatura de 6 e 25 °C.	92
Tabela 2.	Condutividade elétrica (CE), lipídios (LIP), carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM) e fibras (FIB) de sementes de jabuticaba armazenadas à temperatura de 6 e 25 °C.	97
Tabela 3.	Primeira contagem da germinação (PCG), poliembrionia (PE), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas e fenóis totais (FT) de sementes de jabuticaba armazenadas à temperatura de 6 e 25 °C.	102
Tabela 4.	Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: teor de água (TA), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), sementes viáveis (SV), plântulas normais (PN), comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR), fungos (FUN), condutividade elétrica (CE), lipídios (LIP), carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM), fibras (FIB), primeira contagem da germinação (PCG), poliembrionia (PE), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas e fenóis totais (FT) de sementes de jabuticaba em função da temperatura e tempo de armazenamento.	106

CAPÍTULO 5 – ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JABUTICABA EM DIFERENTES EMBALAGENS: ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS

Tabela 1.	Teor de água (TA), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem da germinação (PCG), tempo médio de germinação (TMG), sementes viáveis (SV) e plântulas normais (PN) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.....	135
Tabela 2.	Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas, poliembrionia (PE), condutividade	

	elétrica (CE), lixiviação de potássio (LP) e lixiviação de sódio (LS) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.....	139
Tabela 3.	Carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM), fibras (FIB) e fenóis totais (FT) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.....	142
Tabela 4.	Lipídios (LIP) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.....	145

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

A jabuticabeira (*Plinia* spp.) é uma espécie frutífera pertencente à família Myrtaceae, nativa do Brasil e encontrada em várias regiões brasileiras (MATTOS, 1983). Dentre as espécies conhecidas dessa frutífera destacam-se a *Plinia cauliflora* (DC) O. Berg (jabuticaba paulista) e a *Plinia jaboticaba* (Vell) Berg (jabuticaba sabará), que produzem frutos apropriados tanto para o consumo *in natura* quanto para a industrialização (DONADIO, 2000).

Porém, mesmo com esse elevado potencial de comercialização, o cultivo em escala comercial dessa frutífera é considerado pouco explorado e limitado a determinadas regiões, sendo cultivada em propriedades rurais como chácaras, sítios ou fazendas, em pomares, de forma peculiar (SATO; CUNHA, 2007; CITADIN et al., 2010). Assim, para melhor aproveitamento deste potencial econômico é necessária a formação de pomares comerciais de jabuticabeira utilizando-se plantas uniformes e com boas características agronômicas (CASSOL et al., 2015).

O principal método de propagação da jabuticabeira é o seminífero, devido à dificuldade de enraizamento adventício que ela apresenta (MANICA, 2000). A propagação sexuada pode ser afetada por vários fatores internos e externos (MARTINS et al., 2008), como viabilidade, dormência, maturidade fisiológica, disponibilidade de água na semente e no substrato, luz, gases e temperatura (WAGNER JÚNIOR et al., 2011).

Para a obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica é de fundamental importância a identificação do ponto ideal de colheita com relação à sua maturação (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As sementes são consideradas maduras fisiologicamente quando atingem máxima massa seca, e este estágio pode coincidir com maior germinação e vigor. Após atingir esse ponto, podem ocorrer mudanças que ocasionam deterioração das sementes (HARRINGTON, 1972; DELOUCHE; BASKIN, 1973).

Praticamente todos os mecanismos associados ao início e à continuidade do processo germinativo estão associados ao teor de água nas células e nos tecidos da semente. Nesse sentido, para que uma semente conclua sua germinação, é necessário que alcance o teor de água suficiente para que ocorra a ativação das reações químicas do metabolismo, para que ocorra a expansão radicular (SCHWEMBER; BRADFORD, 2010). A curva de embebição apresenta grande importância relacionada à elucidação do processo germinativo e à determinação da duração de tratamentos, como os de pré-

hidratação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), assim como a padronização para a realização de testes de vigor, contribuindo de forma significativa com os de propagação da jabuticabeira.

As sementes de jabuticaba são classificadas como recalcitrantes, não toleram a dessecação e não apresentam adequada conservação da viabilidade pelos métodos convencionais de armazenamento (HÖSSEL et al., 2013). Apresentam teores de água definidos como críticos, abaixo dos quais apresentam redução na viabilidade. A perda de água pode ocasionar alteração dos sistemas metabólicos e de membranas, resultando na deterioração das sementes (FARRANT et al., 1988). A semente perde qualidade fisiológica durante o período que permanece armazenada e, para garantir a manutenção da qualidade, podem-se utilizar condições controladas de armazenamento visando à redução da deterioração das sementes (JACOB et al., 2016). Vários fatores afetam a capacidade das sementes manterem sua qualidade durante o período de armazenamento e, dentre esses fatores, destacam-se as embalagens de conservação, temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento (TOLEDO et al., 2009).

A utilização de embalagens adequadas no armazenamento das sementes é de grande importância para a manutenção da sua qualidade fisiológica. As embalagens, dependendo de suas propriedades, podem reduzir ou evitar as trocas de vapor de água entre as sementes e o meio externo, possibilitando a manutenção do teor de água inicial das sementes (CARDOSO et al., 2012; BESSA et al., 2015). A redução da temperatura pode promover aumento do tempo de conservação da semente, desde que essa redução seja realizada com umidade adequada, considerando que a associação desses dois fatores reduzirá o gasto das reservas e a deterioração no interior das sementes (MARTINS et al., 2012).

Uma alternativa para a conservação das sementes recalcitrantes pode ser o condicionamento fisiológico com posterior secagem. O hidrocondicionamento pode promover maior germinação e melhor expressão do vigor das sementes e desempenho inicial das plântulas, com garantia de sementes com maior qualidade fisiológica. No entanto, é necessário analisar os procedimentos utilizados durante o condicionamento fisiológico para cada espécie, inclusive efetuar análise do tempo de secagem após o processo, visto que a jabuticaba é uma semente recalcitrante, buscando assim um melhor aprimoramento desta técnica. E, também, verificar o tempo de armazenamento dessas sementes após a secagem parcial.

1.1 REFERÊNCIAS

- BESSA, J. F.V.; DONADON, J.R.; RESENDE, O.; ALVES, R.M.V.; SALES, J.D.F.; COSTA, L.M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.224-230, 2015.
- CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F.S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.3, p.272-278, 2012.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CASSOL, D.A.; WAGNER JÚNIOR, A.; PIROLA, K.; DOTTO, M.; CITADIN, I. Embalagem, época e ácido indolbutírico na propagação de jabuticabeira por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.267-272, 2015.
- CITADIN, I.; DANNER, M.A.; SASSO, S.A.Z. Jabuticabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.577-583, 2010.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, v.1, p.427-452, 1973.
- DONADIO, L.C. **Jabuticaba** (*Myrciaria jabuticaba* (Vell.) Berg). Jaboticabal: Funep, 2000. (Série Frutas nativas, 3). 55p.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T., (Ed.) *Seed Biology Academic*, New York, v.3, 1972. p.145-241.
- HÖSSEL, C.; OLIVEIRA, J.S.M.A.; FABIANE, K.C.; WAGNER JÚNIOR, A.; CITADIN, I. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jabuticaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.1, p.255-261, 2013.

FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Recalcitrance - a current assessment. **Seed Science and Technology**, v.16, n.1, p.155-166, 1988.

JACOB, S.R.; KUMAR, M.B.A.; VARGHESE, E.; SINHA, S.N. Hydrophilic polymer film coat as a micro-container of individual seed facilitates safe storage of tomato seeds. **Scientia Horticulturae**, v.204, p.116-122, 2016.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biribá, carambola, cereja-do-rio-grande, jaboticaba.** Porto Alegre, Cinco Continentes. 2000, 327p.

MARTINS, C.C.; CAMARA, A.T.R.; MACHADO, C.G.; NAKAGAWA, J. Métodos de superação de dormência de sementes de Barbatimão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, n.3, p.381-385, 2008.

MARTINS, L.; LAGO, A.A.; ANDRADE, A.C.S. Teor de água, temperatura do ambiente e conservação de sementes de ipê-roxo. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.203-210, 2012.

MATTOS, J.R. **Fruteiras nativas do Brasil: jaboticabeiras.** Porto Alegre: Nobel, 1983. 92p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

SATO, A.C.K.; CUNHA, R.L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jaboticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.4, p.890-896, 2007.

SCHWEMBER, A.R.; BRADFORD, K.J. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.4423-4436, 2010.

TOLEDO, M.Z.; FONSECA, N.R.; CESAR, M.L.; SORATTO, R.P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C.A.C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em

função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.2, p.124-133, 2009.

WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, J.O.C.; PIMENTEL, L.D.; SANTOS, C.E.M.; BRUCKNER, C.H. Germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies de jabuticabeira em função do tamanho de sementes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.33, n.1, p.105-109, 2011.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 JABUTICABEIRA

A jabuticabeira (*Plinia* spp.) é uma espécie frutífera pertencente à família Myrtaceae, nativa do Brasil e encontrada em várias regiões brasileiras (MATTOS, 1983). Myrtaceae é uma família botânica com ampla distribuição mundial, possui o centro de diversidade na América do Sul e ocorrência, principalmente, nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (GRESSLER et al., 2006; SOBRAL et al., 2016). A jabuticabeira pode ser encontrada em locais com diferentes temperaturas, inclusive aqueles que apresentam geadas de curta duração (ZICKER, 2011). Com essa característica adaptativa para locais diferentes, a espécie vem sendo disseminada para outros países da América do Sul, como Uruguai, Paraguai, Bolívia, Argentina e Peru. Também é encontrada na América do Norte, nas regiões de Santa Bárbara, San Diego, Spring Valley, no sul de Los Angeles e ao norte de San José e San Francisco, na Flórida e no Havaí (LIMA, 2002).

No Brasil, todas as espécies de Myrtaceae pertencem à subfamília Myrtoideae e à Tribo Myrteae (WILSON et al., 2005), com cerca de 130 gêneros e 5.671 espécies (LOURENÇO; BARBOSA, 2012). A jabuticabeira apresenta nove espécies, destacando-se três: *Plinia trunciflora* Berg, *Plinia cauliflora* (DC) Berg e *Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg (DANNER et al., 2011).

É uma arbórea que pode atingir de 8 a 12 m de altura; apresenta ramificação densa e ascendente; folhas opostas, lanceoladas, glabras e avermelhadas quando novas; possui flores brancas, axilares, dispostas sobre o caule e sobre os galhos; apresenta fruto tipo baga, globoso, com cor violáceo-avermelhado; polpa esbranquiçada, de sabor adocicado; contém de uma a quatro sementes (POPENOE, 1974).

As abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) são os principais insetos polinizadores da jabuticabeira (MALERBO-SOUZA et al., 2004), mas as espécies também são

autocompatíveis e podem ser autógamas (MALERBO-SOUZA et al., 2004; VILELA et al., 2012). O comportamento das abelhas na coleta de pólen permite que ocorra a autogamia (contato do pólen das anteras no estigma da mesma flor), a geitonogamia (contato do pólen de uma flor em outra da mesma planta), assim como a alogamia, polinização cruzada (trazendo pólen de flores de outras plantas) (FINKELDEY, 2005; SEBBENN, 2006).

A jabuticaba é um fruto popular no Brasil, que apresenta alta perecibilidade visto que após a colheita a vida útil do fruto é de poucos dias (LIMA et al., 2008). Portanto, apresenta um período de comercialização curto, devido à rápida alteração da aparência e do sabor, decorrente da intensa perda de água, deterioração e fermentação da polpa (ASCHERI et al., 2006; SATO; CUNHA, 2009). Para contornar esse problema pode-se optar pelo processamento dos frutos, com a produção de doces, geleias e vinhos (LIMA et al., 2008). Os frutos são ricos em compostos com funções antioxidantes e vários componentes de interesse na indústria farmacêutica (CITADIN et al., 2010), destacando-se as antocianinas e os flavonoides, que são encontrados na casca dos frutos, e que são importantes para o combate a radicais livres e utilizados no tratamento do câncer de próstata e de leucemia (LEITE-LEGATTI et al., 2012), assim como na redução do colesterol e do diabetes (LENQUISTE et al., 2012).

Não existem pomares comerciais de jabuticabeira e, portanto, sua colheita ocorre por extrativismo, sendo necessário que sejam implantados pomares para impulsionar sua potencialidade (HOSSEL et al., 2016), com a utilização de plantas uniformes e com boas características agrônômicas. Nesse sentido, torna-se necessário selecionar plantas com estas características e, posteriormente, propagá-las para utilização nos pomares (CASSOL et al., 2015).

2.2 PROPAGAÇÃO SEXUADA DA JABUTICABEIRA

A principal forma de propagação da jabuticabeira é via seminífera, com longo período juvenil e ampla possibilidade de variabilidade genética, o que dificulta a expansão comercial da cultura. Com o uso de mudas oriundas de sementes, a planta entra em produção, em média, após 10 a 15 anos do plantio (HARTMANN et al., 2011). Além da produção tardia, o alto custo das mudas produzidas por sementes e a dificuldade de enraizamento adventício da jabuticabeira comprometem a sua expansão comercial (SASSO et al., 2010).

As sementes da jabuticabeira apresentam como característica a poliembrionia, em que se obtém mais de uma plântula por semente e algumas são geneticamente idênticas à planta-mãe. As sementes são classificadas como recalcitrantes, característica negativa do ponto de vista da produção vegetal, que inviabiliza a conservação de sementes viáveis por métodos convencionais de armazenamento que utilizam a secagem e baixas temperaturas (HOSSEL et al., 2016).

2.3 VIABILIDADE DE SEMENTES RECALCITRANTES

A viabilidade de sementes é expressa em termos de porcentagem de sementes vivas e capazes de germinar e, com o armazenamento, objetivam-se a preservação da qualidade das sementes, a redução do processo de deterioração e redução dos processos bioquímicos (DELOUCHE; BASKIN, 1973; BEWLEY; BLACK, 1994). No entanto, sua longevidade é influenciada pelas condições de armazenamento, além do teor de água e temperatura ambiental (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

A deterioração de semente é um processo contínuo, com consequente perda da viabilidade e morte das sementes. Consiste em toda e qualquer transformação degenerativa irreversível na sua qualidade, após terem atingido nível máximo da qualidade fisiológica (ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972) e inclui alterações de caráter físico, fisiológico e bioquímico nas sementes (POPINIGIS, 1985). No processo de deterioração ocorrem, principalmente, esgotamento das reservas; alterações na composição química, como a oxidação de lipídios e a quebra parcial das proteínas; modificações das membranas celulares, ocorrendo maior permeabilidade e desorganização e menor integridade; e, também, alterações enzimáticas e de nucleotídeos (VILLELA; PERES, 2004).

Nesse sentido, os indícios do processo de deterioração das sementes são redução na velocidade de germinação e no desenvolvimento das plântulas e o aumento da suscetibilidade às condições adversas do meio que, também, são responsáveis pela redução do potencial de armazenamento. Haverá, conseqüentemente, perda da germinabilidade no final do processo (POPINIGIS, 1985). As alterações degenerativas são progressivas e a velocidade do processo é determinada por fatores intrínsecos a espécie (fatores genéticos), insetos e microrganismos (fatores bióticos) e condições ambientais, principalmente temperatura e umidade (fatores abióticos) (VILLELA; PERES, 2004).

Após a colheita das sementes não há como melhorar a qualidade e, portanto, para reduzir a velocidade de deterioração deve ser evitada ou minimizada a contaminação pelos fatores bióticos e controladas as condições do ambiente de armazenamento das sementes. Quando a semente atinge o ponto de máxima qualidade fisiológica devem ser eliminados ou reduzidos os fatores adversos que afetam a qualidade. A máxima qualidade fisiológica é alcançada na fase de maturação das sementes, mas a partir desse ponto poderá decrescer, dependendo dos fatores ambientais aos quais as sementes estão expostas. Nas operações de colheita, secagem e beneficiamento das sementes os fatores desfavoráveis à qualidade fisiológica devem ser eliminados para que a preservação da qualidade fique na dependência das condições de armazenamento das sementes (POPINIGIS, 1985).

É necessário o conhecimento do comportamento fisiológico das sementes durante o período de conservação, visto que cada espécie apresenta um comportamento diferente, exigindo condições específicas de armazenamento (HONG et al., 1996). Os principais fatores que afetam a qualidade fisiológica das sementes no armazenamento são temperatura e umidade (HARRINGTON, 1972), visto que esses fatores influenciam diretamente no processo respiratório das mesmas.

A umidade é considerada o fator mais importante que afeta o potencial de armazenamento das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Segundo Bewley e Black (1994), para a maioria das espécies, a viabilidade da semente é mantida quando estas estão com baixa umidade e, portanto, é realizada a secagem das sementes, visando o armazenamento com baixo teor de água. Esses autores afirmam que as sementes são classificadas de acordo com o teor de água em dois grupos: sementes ortodoxas, que podem ser armazenadas com baixos teores de água; e sementes recalcitrantes que, durante o armazenamento, devem manter um teor de água relativamente alto para manter a viabilidade e o vigor. Sementes de jabuticaba perdem totalmente a viabilidade com teor de umidade próximo a 10% (DANNER et al., 2011). Considerando esse comportamento das sementes de jabuticaba, sua classificação como recalcitrante auxilia no manejo das sementes desde a colheita até a comercialização e no armazenamento em curto ou longo prazo (CALVI, 2015).

As sementes recalcitrantes, tal como são classificadas as sementes de jabuticaba, podem apresentar diferentes graus de recalcitrância, o que é determinado basicamente pelo genótipo, mas que pode sofrer influência do ambiente. A classificação consiste em: recalcitrância mínima, aquelas que apresentam maior tolerância à perda de água,

germinação lenta em ausência de quantidade adicional de água, maior tolerância às baixas temperaturas e distribuição subtropical/temperada; recalcitrância moderada, aquelas que apresentam moderada tolerância à desidratação, velocidade média de germinação em ausência de água adicional, a maioria das espécies é sensível às baixas temperaturas e distribuição tropical; recalcitrância alta, aquelas que apresentam baixa tolerância à dessecação, germinação rápida na ausência de água adicional, sensível a baixas temperaturas e distribuídas em florestas tropicais e terras úmidas (DELOUCHE et al., 1973; FARRANT et al., 1997; MARCOS FILHO, 2015).

2.4 ARMAZENAMENTO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

A produção agrícola depende fundamentalmente das sementes, sendo que a preservação da viabilidade e da qualidade das sementes na entressafra é de fundamental importância. A viabilidade expressa a quantidade de sementes vivas e germináveis, enquanto a alta qualidade refere-se ao somatório dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários que afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade (POPINIGIS, 1985; LOPES; ALEXANDRE, 2010). O armazenamento de sementes cultivadas é influenciado por diferentes fatores, tais como a qualidade inicial da semente, o grau de maturação, o teor de água e as condições climáticas, a umidade relativa do ar, a embalagem e o ataque de pragas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). A condição de armazenamento é fundamental para a preservação de sua qualidade fisiológica e viabilidade para posterior produção de mudas, o que é de fundamental importância para a produção de mudas, considerando o período de entressafra na sua produção (LOPES; ALEXANDRE, 2010). A qualidade fisiológica das sementes é caracterizada, principalmente, pela sua germinação e vigor (POPINIGIS, 1985; MARCOS FILHO, 2015).

O armazenamento adequado das sementes é determinado com base nos estudos dos fatores envolvidos na viabilidade e no vigor das sementes, pois esses estudos auxiliam na definição de técnicas adequadas na avaliação do potencial fisiológico das sementes (PÁDUA et al., 2011). Já o estudo da qualidade fisiológica é relevante, pois as sementes estão sujeitas a várias mudanças degenerativas de natureza bioquímica, fisiológica e física, após atingirem a maturação, que resultam em redução do vigor (ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972).

Os testes de vigor são classificados em testes físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência ao estresse. Os testes físicos são aqueles que avaliam aspectos morfométricos

e características físicas das sementes; os testes fisiológicos avaliam a atividade fisiológica específica, como a germinação; os testes bioquímicos avaliam alterações bioquímicas e sua associação com vigor; e os testes de resistência a estresse avaliam o desempenho de sementes expostas a condições desfavoráveis do ambiente (MARCOS FILHO, 2015). Há muitos métodos para avaliar o vigor, mas não há uma padronização para todas as espécies vegetais. Portanto, faz-se necessário adequar um método de acordo com a espécie estudada ou realizar uma avaliação de vários métodos simultaneamente. Os métodos que associam a velocidade de germinação (índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e primeira contagem de germinação) com a análise das plântulas são os mais simples e mais utilizados (MACEDO et al., 2013).

O conhecimento da capacidade e das condições adequadas de armazenamento das sementes de jabuticaba é importante, pois a principal forma de propagação desta espécie é a via seminífera, além de apresentar sementes recalcitrantes. Devem-se ter estudos sobre a viabilidade de armazenamento das sementes de jabuticaba, em curto ou longo prazo, visando definir estratégias para a conservação das sementes. Danner et al. (2011) observaram que sob atmosfera normal, as sementes de jabuticaba conservam-se por apenas cinco dias, mantendo maior viabilidade sob temperatura ambiente; as sementes perdem totalmente a viabilidade com teor de umidade próximo a 10%; e armazenadas a vácuo com tampão fosfato mantêm razoável viabilidade até 65 dias de armazenamento; Hössel et al. (2013) recomendam armazenar as sementes em embalagem à vácuo ou revestidas com biofilme à base de quitosana ou fécula de mandioca; e Dias et al. (2011) observaram que a temperatura de 30 °C foi a que mais favoreceu a germinação de sementes de jabuticaba.

2.4.1 Teor de água e temperatura

As sementes de jabuticabeira são recalcitrantes e, portanto, não podem ser armazenadas por longo período de tempo, pois necessitam manter alto teor de água. São consideradas minimamente recalcitrantes visto que toleram o armazenamento em temperaturas baixas (COLETTI, 2012). As sementes recalcitrantes apresentam teores de água definidos como críticos, abaixo dos quais apresentam redução na viabilidade. A perda de água pode ocasionar alteração dos sistemas metabólicos e de membranas, resultando na deterioração das sementes (FARRANT et al., 1988).

A redução do teor de água abaixo do valor crítico nas sementes recalcitrantes ocasiona mudanças no pH intracelular e nas forças iônicas no citoplasma e estimula a formação das espécies reativas de oxigênio (ROS - Reactive Oxygen Species) com efeitos deletérios, visto que muitas das reações bioquímicas que ocorrem nas sementes somente são realizadas em uma estreita faixa de pH (KRANNER; BIRTIC, 2005; KRANNER et al., 2010; ROACH et al., 2010). Também, essa retirada de água pode ocasionar perda da integridade celular com consequente colapso porque há alteração nos componentes da estrutura celular, especialmente as membranas (KRANNER; BIRTIC, 2005). Portanto, nas sementes sensíveis ao dessecamento, assim como da jabuticaba, os mecanismos de proteção não podem faltar ou falhar após a retirada da água, pois provocará danos irreversíveis na estrutura celular ou na germinação mesmo que o conteúdo de água tenha sido reestabelecido (WALTERS et al., 2002).

Os danos devido ao dessecamento dependem de vários fatores como a maturidade na colheita, histórico pós-colheita, velocidade de secagem, a capacidade de manutenção da atividade metabólica quando submetidas à secagem e a existência e ativação dos mecanismos de proteção (TOMPSETT; PRITCHARD, 1998; PAMMENTER; BERJAK, 1999). As sementes recalcitrantes apresentam sinais de estresse e perda de viabilidade após uma pequena redução do teor de água; já as sementes ortodoxas toleram a secagem em níveis muito baixos (CALVI, 2015).

As sementes de jabuticaba apresentam baixa capacidade de armazenamento pois perdem rapidamente sua viabilidade em virtude da redução do teor de umidade (CASSOL, 2013). Estudos realizados por Danner et al. (2011) demonstram que há redução do poder germinativo de sementes de jabuticaba quando armazenadas por período superior a cinco dias em condições naturais.

A conservação de plantas *ex situ*, para espécies recalcitrantes, é dificultada pela perda da viabilidade das sementes ao serem desidratadas ou congeladas, impossibilitando o armazenamento pelos métodos convencionais (baixa umidade e baixa temperatura) (REED, 2008; ASHMORE et al., 2011; REED et al., 2011) e, nesse caso, deve-se manter o metabolismo ativo. Isso faz com que, durante o armazenamento, a temperatura e a umidade permaneçam em níveis elevados, tornando a condição ideal para a ocorrência de insetos, microrganismos e da germinação durante o armazenamento (HARRINGTON, 1972; KING; ROBERTS, 1979; BONJOVANI; BARBEDO, 2008). Reduzir a temperatura provoca um aumento do tempo de conservação da semente desde que essa redução seja realizada com umidade adequada, visto que a associação desses

dois fatores reduzirá o gasto das reservas e a deterioração no interior das sementes (MARTINS et al., 2012).

O uso de baixas temperaturas e diferentes tempos de armazenamento foi observado para sementes de espécies recalcitrantes como camu-camu em temperatura de 5 a 10 °C por seis meses em sacos plásticos com umidade mantida a 45% (YUYAMA et al., 2011); grumixameira a 7 °C por seis meses sem afetar a viabilidade das sementes (KOHAMA et al., 2006); guabijuzeiro podem ser armazenadas por até 180 dias em condição de baixa temperatura (6 °C) e 60 dias em condição natural, sem que haja total perda de viabilidade e com resultados de emergência superiores a 50% (HOSSEL et al., 2016); as sementes de araucária apresentaram menor redução na viabilidade e vigor, com manutenção de 64% de germinação aos 180 dias após a colheita, quando armazenadas sob temperatura próxima a 5 °C (GARCIA et al., 2014); sementes de guabiroba apresentam germinação elevada aos três dias após a retirada do fruto e não varia em função do processamento e temperatura de incubação e as sementes mantidas no fruto perdem viabilidade e vigor (SCALON et al., 2009).

2.4.2. Embalagem

A longevidade das sementes armazenadas sofre influência de acordo com o tipo de embalagem utilizada, sendo esta importante para transporte, armazenamento e comercialização (POPINIGIS, 1985). As embalagens apresentam várias vantagens para uso no armazenamento das sementes como: separar os diferentes lotes de sementes, proteger as sementes contra insetos e animais, facilitar o manejo e aproveitar melhor o espaço no armazenamento (MEDEIROS; EIRA, 2006).

O tipo de embalagem usada no armazenamento pode afetar a viabilidade e o vigor das sementes, visto que há embalagens que permitem uma maior troca de vapor d'água com o ar atmosférico promovendo rápida deterioração das sementes (CROCHEMORE, 1993; TORRES, 2005). As embalagens usadas no armazenamento das sementes podem ser classificadas em permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis, em função das trocas de vapor d'água e oxigênio com o ambiente e influenciam na qualidade fisiológica (TOLEDO; MARCOS FILHO, 1977; AZEVEDO et al., 2003; BAUDET, 2003; CISNEIROS et al., 2003; AZEREDO et al., 2005; RIVERA, 2011).

As embalagens permeáveis, por exemplo, papel, juta, algodão e plástico trançado, permitem grandes variações do teor de água das sementes em função da umidade do ar (POPINIGIS, 1985; BAUDET, 2003), e são mais empregadas em regiões de clima seco,

quando o período de armazenamento for relativamente curto (CISNEIROS et al., 2003), ou para sementes ortodoxas muito úmidas (MEDEIROS; EIRA, 2006).

As embalagens semipermeáveis (por exemplo, sacos plásticos finos ou de polietileno, de 0,075 a 0,125 mm de espessura, e sacos de papel multifoliado laminados com polietileno) apresentam uma resistência às trocas entre semente e o ambiente externo, mas não há um completo impedimento (POPINIGIS, 1985; BAUDET, 2003).

As embalagens impermeáveis não apresentam influência da umidade do ar externo sobre a semente (POPINIGIS, 1985; BAUDET, 2003), visto que não possibilitam esta exerça influência sobre a semente, reduzindo os processos de deterioração e atividade de microrganismos (AZEVEDO et al., 2003). São exemplos de embalagens impermeáveis: sacos de plástico, com mais de 0,125 mm de espessura selados ao calor, pacotes de alumínio e latas de alumínio, quando bem vedados (POPINIGIS, 1985; BAUDET, 2003) e recipientes de vidro com anel de borracha para vedação da tampa (MEDEIROS; EIRA, 2006). Embalagens impermeáveis, por não promoverem uma troca de umidade, podem ser prejudiciais, se as sementes forem armazenadas com teor de água inadequado, pois favorecem a respiração anaeróbica (MACEDO et al., 1998) e, além do mais, podem predispor as sementes a danificações durante o manuseio como consequência do baixo teor de umidade (CAPELLARO et al., 1993).

As condições ambientais do local de armazenamento das sementes, o comportamento do armazenamento e as características mecânicas da embalagem que será utilizada são alguns aspectos que devem ser considerados no processo de decisão sobre o tipo de embalagem a ser usada (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Há várias espécies que podem ser armazenadas por longo período sem tratamento, mas outras necessitam de algum procedimento de preparo para o armazenamento e exigem condições ambientais especiais. Além do tratamento que pode ser realizado nas sementes, é necessário fornecer condições de embalagem para o acondicionamento e ambiente adequados (VIEIRA et al., 2001).

O uso de embalagens no armazenamento foi observado para espécies recalcitrantes como: sementes de carambola armazenadas em embalagem impermeável a vácuo ou sob refrigeração em embalagem permeável (OLIVEIRA et al., 2009); sementes de jabuticaba armazenadas a vácuo com tampão fosfato (DANNER et al., 2011); sementes de marizeiro devem ser acondicionadas em embalagens de plástico armazenadas em câmara fria (SOUZA et al., 2011b); sementes de jabuticaba armazenadas em embalagem a vácuo ou revestidas com biofilme à base de quitosana ou fécula de

mandioca (HÖSSEL et al., 2013); sementes de cerejeira do mato devem ser armazenadas pela técnica a vácuo, isoladamente ou com revestimento de biofilme (ALEGRETTI et al., 2015).

2.5 HIDROCONDICIONAMENTO DAS SEMENTES

O condicionamento das sementes consiste em uma hidratação parcial suficiente para promover atividades metabólicas sem, contudo, ocorrer a protrusão da raiz primária (BRADFORD, 1995). A técnica consiste na embebição das sementes em água, solução salina ou osmótica, ou em substratos umedecidos, para a ativação dos processos metabólicos essenciais à germinação, sem ocorrer a fase III do processo de embebição (protrusão da raiz primária). Assim, o condicionamento fisiológico é direcionado às fases I e II da embebição, durante as quais ocorre ação de mecanismo de reparo de macromoléculas danificadas e de estruturas celulares, fazendo com que as sementes germinem de forma sincronizada (BRAY, 1995).

O hidrocondicionamento é um tratamento pré-germinativo realizado por um determinado período a uma temperatura preestabelecida, visando à obtenção de uma regulação da quantidade de água absorvida pela semente (POSSE et al., 2002), que culmina com indução na redução do tempo médio de germinação e consequente aumento na porcentagem de germinação das sementes (MARCOS FILHO; KIKUTI, 2008).

A determinação do teor de água após o condicionamento fisiológico é importante para determinar qual procedimento deve ser realizado para obter melhores resultados (CASEIRO et al., 2004), principalmente porque as sementes atingem teores de água relativamente elevados e inadequados para a sua conservação durante o armazenamento. Assim, a secagem deve ser realizada de forma adequada, para minimizar a possibilidade de reversão dos efeitos benéficos do tratamento (BRADFORD, 1995; MARCOS FILHO; KIKUTI, 2008) e viabilizar o armazenamento das sementes. As condições de secagem, após o condicionamento, influenciam o desempenho das sementes, principalmente daquelas que serão armazenadas após o tratamento (NASCIMENTO; WEST, 2000).

Dentre as técnicas de condicionamento fisiológico, o hidrocondicionamento apresenta algumas vantagens em relação às demais técnicas, por ser um método mais simples, barato e não utilizar reagentes ou equipamentos sofisticados (FUJIKURA et al., 1993).

O condicionamento das sementes possibilita uma melhoria na sua qualidade, podendo reduzir o tempo e aumentar a porcentagem de germinação, além da resistência contra estresse ambiental (COPELAND; MCDONALD, 1995), conforme observado em sementes de *Myracrodruon urundeuva* (CARDOSO et al., 2012) e de *Solanum sessiliflorum* (PEREIRA et al., 2012); aumentar a uniformidade e velocidade de emergência de plântulas, como em *Physalis angulata* L. (SOUZA et al., 2011a); *Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg, (FERNANDES et al., 2015), *Apuleia leiocarpa* (SPADETO et al., 2018), principalmente sob condições climáticas adversas (BRAY, 1995), auxiliando em melhorias nas etapas iniciais da planta para a produção de suas sementes (GURGEL JÚNIOR et al., 2009). Em sementes de melão, a embebição com o uso do condicionamento aumentou o potencial fisiológico das sementes (MANHONE et al., 2015).

Alguns fatores estão relacionados à eficiência do condicionamento fisiológico e, entre eles destacam-se o potencial fisiológico inicial das sementes, o genótipo, o período de tratamento, o tamanho das sementes (ARAÚJO et al., 2011), o grau de deterioração da semente, a temperatura, a velocidade de absorção de água, o grau de hidratação alcançado pelas sementes e suas partes, as condições de aeração e de secagem após o tratamento, o número de ciclos de hidratação/secagem, as condições e o período de armazenamento (MARCOS FILHO, 2015). Assim, diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos no estudo do condicionamento fisiológico em várias espécies, como: *Parkia pendulano* (PINEDO; FERRAZ, 2008); *Cucumis sativus* (GURGEL JÚNIOR et al., 2009); *Daucus carota* (PEREIRA et al., 2009b); *Cucumis anguria* (ARAÚJO et al., 2011); *Cucumis melo* (PAIVA et al., 2012); *Helianthus annuus* (MORAIS et al., 2014); *Cucumis melo* (MANHONE et al., 2015); *Solanum lycopersicum* e *Brassica oleracea* (BISOGNIN et al., 2016); *Passiflora edulis* (ARAÚJO et al., 2017); *Psidium cattleianum* ‘Ya-Cy’ (HOSSEL et al., 2017) e *Allium cepa* (XAVIER et al., 2017).

2.6 MATURAÇÃO

A preservação da qualidade fisiológica da semente após a colheita está relacionada ao momento ideal da colheita e à maturidade fisiológica da semente. Para obter sementes com alta qualidade é necessária a identificação do momento ideal do ponto de colheita, que frequentemente corresponde à época em que a maturidade fisiológica é atingida, coincidindo também com o momento de máximo acúmulo de massa seca,

elevado vigor e alta germinação (POPINIGIS, 1985; NASCIMENTO et al., 2006; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012) e, após esse ponto, ocorre declínio da germinação e do vigor. Porém, o ponto de máxima qualidade fisiológica pode não coincidir com o conteúdo máximo de massa seca.

O processo de maturação consiste em uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas e funcionais no desenvolvimento do óvulo fertilizado e culmina quando a semente atinge o máximo peso de matéria seca, germinação e vigor (POPINIGIS, 1985). Alterações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas, tais como tamanho, densidade aparente, teor de umidade e massa seca permitem inferir sobre o estágio de maturação das sementes, fornecendo uma estimativa da época adequada para sua colheita (PIÑA-RODRIGUES; AGUIAR, 1993). Também, a observação da presença de patógenos é importante, pois, como causadores de doenças são responsáveis por danos irreversíveis no rendimento de muitas culturas economicamente importantes e estão associados ao decréscimo de poder germinativo e menor crescimento das plântulas em seus estádios iniciais (YORINORI, 1982), além de reduzir a viabilidade durante o armazenamento e transferir doenças para as mudas (MITTAL; MARTHUR, 2003).

A viabilidade das sementes está relacionada à época de colheita, visto que sementes colhidas verdes não apresentam resistência ao armazenamento, por não estarem completamente formadas, principalmente quanto às substâncias de reserva (OLIVER, 1974). Nesse sentido, observa-se a importância da identificação do ponto ideal de colheita com relação à maturação das sementes para obter um material de boa qualidade e, conseqüentemente, para um armazenamento mais eficiente (CONDÉ; GARCIA, 1984), portanto, a colheita das sementes deve ser realizada quando estiverem completamente maduras (CARNEIRO, 1983).

Durante a fase de maturação das sementes, o fruto sofre várias transformações, como na estrutura física, na forma e no tamanho, com diminuição no peso específico; na mudança de coloração; na composição química, perda de água, e maior atração para pássaros e insetos, além do acúmulo de substâncias de reserva, tais como compostos orgânicos solúveis, óleos, proteínas, sólidos solúveis, hidrólise do amido e modificações da parede celular, além de alteração no peso das sementes, massa seca e no seu teor de água (CHITARRA; CHITARRA, 2005; LOPES et al., 2008a; GOÑI et al., 2010; MEDEIROS et al., 2010; FARIAS et al., 2011; MANTOVANI et al., 2013; RUBIO et al., 2013). Assim, a determinação de maturidade fisiológica dos frutos é importante para auxiliar na determinação da época ideal de colheita, visto que orienta o planejamento

dessa operação no processamento, na secagem, no armazenamento e no controle de qualidade (AGUIAR et al., 2007). Lopes et al. (2008b) observaram que sementes de embiraçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) colhidas aos 60 dias após a antese apresentaram maior porcentagem e velocidade de germinação no substrato vermiculita e aos 80 dias após a antese apresentaram igual germinação nos substratos papel, areia e vermiculita.

2.7 EMBEBIÇÃO

A germinação das sementes é um processo fisiológico que tem início com a embebição e culmina com a protrusão da raiz primária, quando as sementes apresentam-se viáveis e não dormentes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), e que ocorre em limites relativamente amplos de temperatura, sendo que os extremos dependem principalmente da espécie e de suas características genéticas (MATHEUS; LOPES, 2009). Além da temperatura, é dependente de outros fatores, destacando-se a disponibilidade de água e de oxigênio (BEWLEY; BLACK, 1994).

O processo de embebição pela semente segue um modelo trifásico, em que a fase inicial, fase I, constitui-se em um fenômeno essencialmente físico, podendo ser completada em poucas horas, independente da condição fisiológica; a segunda fase, fase II, é a que ocorrem atividades metabólicas e as reservas das sementes são convertidas em compostos mais simples para serem utilizados na germinação. Nesta fase ocorre lenta absorção de água, com intensidade de 8 a 10 vezes mais lenta que a fase I; enquanto a fase III apresenta a emissão da raiz primária, como sinalização do seu início da fase III, complementado a curva de embebição e quando as sementes atingem essa fase ocorre perda da tolerância à desidratação (BEWLEY; BLACK, 1994).

De acordo com Borghetti (2004), a germinação é um processo fisiológico também composto por três fases: embebição (fase I); ativação dos processos metabólicos requeridos para o crescimento do embrião (fase II); e na iniciação do crescimento do embrião (fase III). As fases apresentam diferentes durações de acordo com a semente, como permeabilidade do tegumento, tamanho da semente, temperatura e substrato durante a embebição, velocidade de absorção de água, germinabilidade, velocidade e uniformidade de germinação e nas reações bioquímicas que determinam todo o processo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

O padrão trifásico observado na germinação de sementes de várias espécies nem sempre pode ser caracterizado, pois um grande intervalo entre as pesagens pode fazer

com que se percam pontos de inflexão de absorção que caracterizariam cada fase (NÓBREGA, 1993). A água e a temperatura são fatores que afetam diretamente o padrão de absorção de água pelas sementes (RODRIGUES et al., 2008).

A água é um dos fatores que exerce a maior influência sobre o processo de germinação, visto que afeta processos como reidratação dos tecidos, intensificação da respiração e de todas as outras atividades metabólicas que culminam com o fornecimento de energia e nutrientes para a retomada de crescimento por parte do eixo embrionário (BORGES et al., 2009). A quantidade de água absorvida por uma semente depende de vários fatores, tais como: espécie, cultivar, fatores ambientais e características da própria semente (composição química, teor de umidade inicial e a constituição do tegumento) (BEWLEY; BLACK, 1994).

A temperatura também pode influenciar os processos fisiológicos e bioquímicos nas sementes (MARINI et al., 2012). Em condições de baixas temperaturas, a embebição das sementes poderá acontecer visto que é um processo físico, no entanto, não irá ocorrer o crescimento do embrião para a maioria das espécies vegetais. Sob altas temperaturas, ocorrerá embebição das sementes, porém não haverá crescimento do embrião e o estabelecimento da plântula (MATHEUS; LOPES, 2009).

Em nível de membranas celulares, durante a embebição das sementes ocorrem mudanças importantes (COUTINHO et al., 2007), que são facilmente identificadas pelo teste de condutividade elétrica, pelo qual é possível analisar o nível de organização das membranas celulares, possibilitando a quantificação dos exsudatos presentes nas soluções aquosas das sementes embebidas (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Maior quantidade de lixiviados nos exsudatos está associada com a perda de integridade das membranas celulares e perda de solutos orgânicos. Essa perda ocorre em função de mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física, desencadeadas após a maturação das sementes, as quais estão associadas com a redução do seu vigor (ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972).

Membranas celulares de sementes secas estão primeiramente no estado gel e, se a embebição acontecer rapidamente, a água entra antes que a membrana celular possa se organizar e passar para o estado líquido cristalino, causando danos celulares. Essa transição entre estados de gel e líquido cristalino é dependente da temperatura (BEWLEY et al., 2013).

2.8 CONSTITUIÇÃO BIOQUÍMICA DAS SEMENTES E MOBILIZAÇÃO DE RESERVAS DURANTE A GERMINAÇÃO

A composição bioquímica das sementes tem a mesma variação qualitativa dos componentes encontrados nas outras partes da planta, variando drasticamente, contudo, a quantidade destes compostos, uma vez que nas sementes, as substâncias de reservas são responsáveis pelo fornecimento de energia e nutrientes necessários para a germinação (MARCOS FILHO, 2015). A constituição bioquímica das sementes pode ser afetada por vários fatores, como: características genéticas, cultivar, estágio de maturação, fertilidade do solo, condições climáticas e práticas de manejo (PEREIRA et al., 2009a).

A proporção da composição química das sementes pode variar de acordo com a espécie e até entre espécies da mesma família (BORGES; RENA, 1993; BEWLEY; BLACK, 1994). As substâncias de reserva são mobilizadas durante a germinação e no decorrer do crescimento das plântulas (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989). O vigor e o armazenamento das sementes são influenciados pelo teor dos compostos presentes (SINCLAIR; WIT, 1975). Os principais constituintes de reserva das sementes são proteínas, lipídios e carboidratos.

O amido é armazenado nos amiloplastos (organelas celulares), sendo constituído por amilose e amilopectinas (longas cadeias de D-glicose). A amilopectina é uma molécula altamente ramificada e corresponde a 50-70% do grão de amido, enquanto a amilose corresponde a 20-25% do grão de amido, e é uma molécula essencialmente linear (LIU et al., 2013). As propriedades do amido, como tamanho e forma dos grânulos podem trazer inferências sobre aspectos de qualidade fisiológica das sementes (NERLING, 2017).

O processo de germinação requer grandes quantidades de energia para o reestabelecimento do metabolismo até a protrusão radicular e, portanto, o amido armazenado é hidrolisado e convertido a açúcares, que são facilmente transportáveis para os locais necessários, como órgãos metabolizadores e em crescimento (WANG et al., 2005). Os carboidratos são os principais constituintes de reserva das sementes, cuja função principal é o fornecimento de energia para a retomada do desenvolvimento do embrião durante a germinação (BUCKERIDGE et al., 2004; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). Os açúcares atuam como compostos de reserva de rápida disponibilidade e servem como substrato da respiração durante o período pré-germinativo (BEWLEY; BLACK, 1994).

As proteínas são muito importantes para a formação de novos tecidos nos pontos de crescimento do embrião no processo de germinação (BUCKERIDGE et al., 2004; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). Os tipos de proteínas albuminas e globulinas são classificados como estruturais e as glutelinas e prolaminas são de reserva (SATORRE et al., 2012). Os teores de proteínas são variáveis em função de alguns fatores agronômicos e ambientais, considerando que a qualidade das proteínas seja uma característica primeiramente genotípica (FUKE, 2007). As proteínas de reserva disponibilizam aminoácidos necessários para a formação de outras proteínas durante a germinação (PERNOLLET; MOSSÉ, 1983). As enzimas atuam na catalização das reações químicas de oxidação das substâncias de reserva no suprimento energético e na síntese de novos compostos (CLIFFORD, 1985; BEWLEY; BLACK, 1994).

Os lipídios também são considerados fonte de energia para o processo de germinação e, assim como as proteínas, têm função estrutural e de reserva. Fazem parte do sistema de membranas celulares e, portanto, afetam diretamente alguns processos fisiológicos que ocorrem nas sementes como a germinação, dormência, manifestação do vigor, tolerância à dessecação e o condicionamento fisiológico (BUCKERIDGE et al., 2004; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO, 2015). Os lipídios ocorrem na forma de triglicerídeos de ácidos graxos, sendo predominantes nas sementes os ácidos graxos mono e poli-insaturados. O teor de óleo presente nas sementes pode variar em função das características genéticas e ambientais (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A retomada do crescimento embrionário durante a germinação torna-se possível devido à mobilização das reservas armazenadas nas sementes. Inicialmente, a plântula se desenvolve às expensas das reservas do endosperma ou dos cotilédones e, portanto, os constituintes das reservas têm a função de promover a manutenção e o desenvolvimento do embrião até a formação da plântula autotrófica (FERREIRA; BORGHETTI, 2004; NONOGAKIA et al., 2010; MARCOS FILHO, 2015).

A mobilização consiste na quebra das reservas e na síntese de novos compostos para que estes possam ser transferidos até os pontos de crescimento do embrião para a formação de novos protoplasmas e paredes celulares. As sementes apresentam dois grupos de compostos de reserva: os energéticos do início da germinação (sacarose e oligossacarídeos da série da rafinose); e aqueles usados para o crescimento das plantas (amido, lipídios e proteínas). No início da germinação, grande quantidade de energia é gasta com o reparo aos danos causados pela desidratação, dentre eles, danos às membranas e aos ácidos nucleicos. Para muitas espécies, a maior parte da energia

armazenada nas sementes para a germinação advém da quebra de amido e lipídios em sacarose (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

2.9 REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOSLOWSKI, T.T. Ed. **Seed biology**. New York: Academic Press, v.2, 1972. p. 283-315.

AGUIAR, F.A.; PINTO, M.M.; TAVARES, A.R.; KANASHIRO, S. Maturação de frutos de *Caesalpinia echinata* Lam., pau-brasil. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.1-6, 2007.

ALEGRETTI, A.L.; WAGNER JÚNIOR, A.; BORTOLINI, A.; HOSSEL, C.; ZANELA, J.; CITADIN, I. Armazenamento de sementes de cerejas-do-mato (*Eugenia involucrata*) DC. Submetidas ao recobrimento com biofilmes e embalagem a vácuo. **Revista Ceres**, v.62, n.1, p.124-127, 2015.

ARAÚJO, P.C.; TORRES, S.B.; BENEDITO, C.P.; PAIVA, E.P. Condicionamento fisiológico e vigor de sementes de maxixe. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.3 p. 482-489, 2011.

ARAÚJO, M.M.V.; FERNANDES, D.A.; JARDINI, D.C.; CAMILI, E.C. Pré-hidratação e condicionamento fisiológico de sementes de maracujazeiro amarelo. **Revista Agro@mbiente**, v.11, n.3, p.241-247, 2017.

ASCHERI, D.P.R.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Caracterização da farinha do bagaço da jabuticaba e propriedades funcionais dos extrusados. **Ciência de Tecnologia de Alimentos**, v.26, p.867-905, 2006.

ASHMORE, S.E.; HAMILTON, K.N.; OFFORD, C.A. Conservation technologies for safeguarding and restoring threatened flora: case studies from Eastern Australia. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v.47, n.1, p.99–109, 2011.

AZEREDO, G.A.; BRUNO, R.L.A.; LOPES, K.P.; SILVA, A.; DINIZ, E.; LIMA, A.A. Conservação de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em função do beneficiamento, embalagem e ambiente de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.1, p.37-44, 2005.

AZEVEDO, M.R.Q.A.; GOUVEIA, J.P.G.; TROVÃO, D.M.M.; QUEIROGA, V.P. Influência das embalagens e condições de armazenamento no vigor de sementes de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.519-524, 2003.

BAUDET, L.M.L. Armazenamento de sementes. In: PESKE, S.T.; ROSENTHAL, M.D.; ROTA, G.R. (ed.). **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**, Pelotas: Ed. Universitária – UFPel, 2003. p.370-418.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 nd ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3.ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BISOGNIN, M.B.; KULCZYNSKI, S.M.; FERRARI, M.; GAVIRAGHI, R.; PELEGRIN, A.J.; SOUZA, V.Q. Desempenho fisiológico de sementes olerícolas em diferentes tempos de hidrocondicionamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39, n.3, p.349-359, 2016.

BONJOVANI, M.R.; BARBEDO, C.J. Sementes recalcitrantes: intolerantes a baixas temperaturas? Embriões recalcitrantes de *Inga vera* Willd. subsp. affinis (DC.) T. D. Penn. toleram temperatura subzero. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.2, p.345-356, 2008.

BORGES, E.E.L.; RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B.; RODRIGUES, F.C.M.P.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p.103-107.

BORGES, R.C.F.; COLLAÇO JÚNIOR, J.C.; SCARPARO, B.; NEVES, M.B.; CONEGLIAN, A. Caracterização da curva de embebição de sementes de pinhão manso. **Revista Científica Eletônica de Engenharia Florestal**, v.7, n.13, p.1-8, 2009.

BORGHETTI, F. Dormência embrionária. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artimed, 2004. p.109-123.

BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p.351-396.

BRAY, C.M. Biochemical processes during the osmopriming of seeds. In: KIEGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, cap. 28. 1995. p.767-789.

BUCKERIDGE, M.S.; AIDAR, M.P.M.; SANTOS, H.P.; TINÉ, M.A.S. Acúmulo de reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.) **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, cap.2, 2004. p.31-50.

CALVI, G.P. **Armazenamento das sementes recalcitrantes de *Eugenia stipitata* Mcvaugh: aspectos tecnológicos e fisiológicos**. 2015. 89f. Tese (Doutorado em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

CAPELLARO, C.; BAUDET, L.; PESKE, S.; ZIMMER G. Qualidade de sementes de feijão armazenadas em embalagens plásticas resistentes a trocas de umidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v.15, n.2, p.233-239. 1993.

CARDOSO, N.S.N.; OLIVEIRA, L.M.; FERNANDEZ, L.G; PELACANI, C.R.; SOUZA, C.L.M.; OLIVEIRA, A.R.M.F. Osmocondicionamento na germinação de sementes, crescimento inicial e conteúdo de pigmentos de *Myracrodruon urundeuva* fr. Alemão. **Revista Brasileira de Biociência**, v.10, n.4, p.457-461, 2012.

CARNEIRO, J.G.A. **Curso de silvicultura I**. Curitiba: Escola de Florestas, 1983. 132p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CASEIRO, R.F.; BENNETT, M.A.; MARCOS FILHO, J. Comparison of three priming techniques for onion seed differing in initial seed quality. **Seed Science and Technology**, v.32, n.2, p.365-375, 2004.

CASSOL, D.A. **Propagação de jabuticabeira (*Plinia cauliflora* (DC.) Kausel) por enxertia, alporquia e estaquia**. 2013. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

CASSOL, D.A.; WAGNER JÚNIOR, A.; PIROLA, K.; DOTTO, M.; CITADIN, I. Embalagem, época e ácido indolbutírico na propagação de jabuticabeira por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.267-272, 2015.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CITADIN, I.; DANNER, M.A.; SASSO, S.A.Z. Jabuticabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.577-583, 2010.

CISNEIROS, R.A.; MATOS, V.P.; LEMOS, M.A.; REIS, O.V.; QUEIROZ, R.M. Qualidade fisiológica de sementes de araçazeiro durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p. 513-518, 2003.

CLIFFORD, M.N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N.; WILSON, K.C. **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. Westport: AVI, 1985. p.305-374.

COLETTI, L.Y. **Curva de maturação de frutos e potencial germinativo de sementes de jabuticaba ‘Sabará’ (*Myrciaria jaboticaba* Berg)**. 2012. 59f. Dissertação

(Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Piracicaba, 2012.

CONDÉ, A.R.; GARCIA, J. Armazenamento e embalagem de sementes. **Informe Agropecuário**, v.10, n.111, p.44-49, 1984.

COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. NewYork: Chapman & Hall, 1995. 409p.

COUTINHO, W.M.; SILVA-MANN, R.; VIEIRA, M.G.G.C.; MACHADO, C.F.; MACHADO, J.C. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho submetidas a termoterapia e condicionamento fisiológico. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, n.6, p.458-464, 2007.

CROCHEMORE, M.L. Conservação de sementes de tremoço azul em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.15, n.2, p.227-232, 1993.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; AMBROSIO R.; WAGNER JÚNIOR, A. Armazenamento a vácuo prolonga a viabilidade de sementes de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.246-252, 2011.

DELOUCHE, J.C.; MATHEUS, R.K.; DOUGUERTY, G.M.; BOYD, A.H. Storage of seed in sub-tropical regions. **Seed Science and Technology**, v.1, n.3, p. 671-700, 1973.

DIAS, M.A.; LOPES, J.C.; SOUZA NETO, J.D.; HEBERLE, E. Influência da temperatura e substrato na germinação de sementes de jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg.). **Idesia**, v.29, n.1, p.23-27, 2011.

FARIAS, J.F.; ARAÚJO NETO, S.E.; ÁLVARES, V.S.; FERRAZ, P.A.; FURTADO, D.T.; SOUZA, M.L. Maturação e determinação do ponto de colheita de frutos de envira-caju. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.33, n.3, p.730-736, 2011.

FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Recalcitrance - a current assessment. **Seed Science and Technology**, v.16, n.1, p.155-166, 1988.

FARRANT, M.J.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P.; WALTERS, C. Subcellular organization and metabolic activity during the development of seeds that attain different levels of desiccation tolerance. **Seed Science Research**, v.7, n.2, p.135-144, 1997.

FERNANDES, D.A.; ARAUJO, M.M.V. CAMILI, E.C. Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. **Revista de Agricultura**, v.90, n.3, p.229-236, 2015.

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

FINKELDEY, R. **An introduction to tropical forest genetics**. Göttingen: Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, 2005. 219p.

FUJIKURA, Y.; KRAAK, H.L.; BASRA, A.S.; KARSSSEN, C.M. Hidropriming, a simple and inexpensive priming method. **Seed Science and Technology**, v.21, n.3, p.639-642, 1993.

FUKE, G. **Uso de grãos de cevada: caracterização bromatológica de ratos em crescimento**. 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GARCIA, C.; COELHO, C.M.M.; MARASCHIN, M.; OLIVEIRA, L.M. Conservação da viabilidade e vigor de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) kuntze durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, v.24, n.4, p.857-867, 2014.

GOÑI, O.; SNACHEZ-BALLESTA, M.T.; MERO-DIO, C.; ESCRIBANO, M.I. Ripening-related defense proteins in *Annona fruit*. **Postharvest Biology and Technology**, v.55, p.169-173, 2010.

GURGEL JÚNIOR, F.E.; TORRES, S.B.; OLIVEIRA, F.N.; NUNES, T.A. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.163-168, 2009.

GRESSLER, E.; PIZO, M.A.; MORELLATO, L.P.C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.509-530, 2006.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T.; GENEVE, R.L. **Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915p.

HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T., (Ed.) **Seed Biology**., Academic, New York, v.3, 1972. p.119-241.

HONG, T.D.; LININGTON, S.; ELLIS, R.H. **Seed storage behaviour: a compendium**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 115p.

HOSSEL, C.; HOSSEL, J.S.A.O.; WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, M.; CITADIN, I. Tempo e temperatura da pré-secagem pós hidrocondicionamento em sementes de araçazeiro 'Ya-Cy'. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v.1, n.1, p.45-51, 2017.

HÖSSEL, C.; OLIVEIRA, J.S.M.A.; FABIANE, K.C.; WAGNER JÚNIOR, A. CITADIN, I. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jaboticabeira. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.35, n.1, p.255-261, 2013.

HOSSEL, J.S.A.O.; HOSSEL, C.; WAGNER JÚNIOR, A.; FABIANE, K.C.; CITADIN, I. Viabilidade de sementes de guabijuzeiro em armazenamento. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v.9, n.2, p.79-85, 2016.

KING, M.W.; ROBERTS, E.H. **The storage of recalcitrant seeds: achievements and possible approaches**. Rome: IBPGR, 1979, 96p.

KOHAMA, S.; MALUF, A.M.; BILIA, D.A.C.; BARBEDO, C.J. Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. (grumixameira). **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n 1, p.72-78, 2006.

KRANNER, I.; BIRTIC, S. A modulating role for antioxidants in dissection tolerance. **Integrative and Comparative Biology**, v. 45, p.734-740, 2005.

KRANNER, I.; MINIBAYEVA, F.V.; BECKETT, R.P.; SEAL, C.E. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. **New Phytologist**, v.188, p.655–673, 2010.

LEITE-LEGATTI, A.V.; BATISTA, A.G.; DRAGANO, N.R.V.; MARQUES, A.C.; MALTA, L.G.; RICCIO, M.F.; EBERLIN, M.N.; MACHADO, A.R.T.; CARVALHO-SILVA, L.B.; RUIZ, A.L.T.G.; CARVALHO, J.E.; PASTORE, G.M.; MARÓSTICA JÚNIOR, M.R. Jaboticaba peel: Antioxidant compounds, antiproliferative and antimutagenic activities. **Food Research International**, v.49, p.596-603, 2012.

LENQUISTE, S.A.; BATISTA, A.G.; MARINELI, R.S.; DRAGANO, N.R.V.; MARÓSTICA JÚNIOR, M.R. Freeze-dried jaboticaba peel added to high-fat diet increases HDL-cholesterol and improves insulin resistance in obese rats. **Food Research International**, v.49, p.153-160, 2012.

LIMA, A.J.B.; CORRÊA, A.D.; ALVES, A.P.C.A.; ABREU, C.M.P.; DANTAS BARROS, A.M. Caracterização química do fruto jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion, Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición**, v.58, n.4, p.416-421, 2008.

LIMA, H.C. **Modificações de carboidratos estruturais e de enzimas pécticas em jaboticaba [*Plinia trunciflora* (Berg) Kausel - Myrtaceae]**. 2002. 61f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Faculdade de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

LIU, D.; PARKER, M.L.; WELLNER, N.; KIRBY, A.R.; CROSS, K.; MORRIS, V.; CHENG, F. Structural variability between starch granules in wild type and in ae high-amylose mutant maize kernels. **Carbohydrate Polymers**, v.97, n.2, p.458–468, 2013.

LOPES, J.C.; ALEXANDRE, R.S. Germinação de sementes de espécies florestais. In: CHICHORRO, J.F.; GARCIA, G.O.; BAUER, M.O.; CALDEIRA, M.W. **Tópicos em Ciências Florestais**. 1 ed. Visconde do Rio Branco-MG: Suprema, v.1, 2010. p.21-56.

LOPES, J.C.; LIMA, R.V.; MACEDO, C.M.P. Germinação e vigor de sementes de urucu. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p.19- 25, 2008a.

LOPES, J.C.; MATHEUS, M.T.; CORRÊA, N.B.; SILVA, D.P. Germinação de sementes de embiruçu (*Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns) em diferentes estádios de maturação e substratos. **Floresta**, v.38, n.2, p.331-337, 2008b.

LOURENÇO, A.R.L.; BARBOSA, M.R.V. Myrtaceae em restingas no limite norte de distribuição da Mata Atlântica, Brasil. **Rodriguésia**, v.63, p.373-393, 2012.

MACEDO, C.M.P.; PEREIRA, M.G.; CARDOSO, D.L.; SILVA, R.F. Evaluation of seed physiological quality of papaya elite hybrids, their reciprocal crosses and parents. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.190-197, 2013.

MACEDO, E.C.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.67-75, 1998.

MALERBO-SOUZA, D.T.; NOGUEIRA-COUTO, R.H.; TOLEDO, V.A.A. Abelhas visitantes nas flores da jabuticabeira (*Myrciaria cauliflora* Berg) e produção de frutos. **Acta Scientiarum – Animal Sciences**, v.26, n.1, p.1-4, 2004.

MANHONE, P.R.; LOPES, J.C.; ALMEIDA, J.; VENANCIO, L.P.; FREITAS, A.R. Caracterização fisiológica de sementes de melão durante o armazenamento. **Magistra**, v. 27, n.2, p. 217-236, 2015.

MANTOVANI, N.C.; GRANDO, M.F.; XAVIER, A.; OTONI, W.C. Avaliação de genótipos de urucum (*Bixa orellana* L.) por meio da caracterização morfológica de frutos, produtividade de sementes e teor de bixina. **Ciência Florestal**, v.23, n.2, p.355-362, 2013.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 560p.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.165-169, 2008.

MARINI, P.M.; MORAES, C.L.; MARINI, N.; MORAES, D.M.; AMARANTE, L. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.722-730, 2012.

MARTINS, L.; LAGO, A.A.; ANDRADE, A.C.S. Teor de água, temperatura do ambiente e conservação de sementes de ipê-roxo. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.203-210, 2012.

MATHEUS, M.T.; LOPES, J.C. Temperaturas cardinais para a germinação de sementes de *Erythrina variegata* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p.115-122, 2009.

MATTOS, J.R. **Fruteiras nativas do Brasil: jaboticabeiras**. Porto Alegre: Nobel, 1983. 92p.

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4ed. Great Britain:Pergamon Press, 1989. 270p.

MEDEIROS, A.A.; GRANGEIRO, L.C.; TORRES, S.B.; FREITAS, A.V.L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.17-24, 2010.

MEDEIROS, A.C.S.; EIRA, M.T.S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas**. Embrapa: (Documentos, ISSN 1517-5278). 2006. 13p.

MITTAL, R.K.; MATHUR, S.B. Pathology. In: VOZZO, J.A. **Tropical tree seed manual**. Washington: United States Department of Agriculture/Forest Service, 2003. p.177-190.

MORAIS, C.S.; ALMEIDA, L.G.; SANTOS, M.B.; ROSSETTO, C.A.V. Resposta de plantas ao condicionamento osmótico de sementes de girassol. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.5, p.2261-2274, 2014.

NASCIMENTO, W.M.; DIAS, D.C.F.S.; FREITAS, R.A. Produção de sementes de pimentas. **Informe agropecuário: Cultivo da pimenta**, v.27, n.235, p.30-39, 2006.

NASCIMENTO, W.M.; WEST, S.H. Drying during muskmelon (*Cucumis melon* L.) seed on priming and its effects on seeds germination and deterioration. **Seed Science and Technology**, v.28, n.1, p.211-215, 2000.

NERLING, D. **Qualidade fisiológica de sementes na obtenção de linhagens e híbridos de milho**. 2017. 153f. Tese (Doutorado em Ciências) – Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina – Centro de Ciências Agrárias, 2017.

NÓBREGA, L.H.P. **Estresse hídrico na germinação de sementes e no crescimento inicial de plantas de diversas cultivares de soja com determinados níveis de vigor**. 1993. 165f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Jaboticabal: FCAV/UNESP, Universidade Estadual de São Paulo, 1993.

NONOGAKIA, H.; BASSELB, G. W.; BEWLEY, J. D. Germination - Still a mystery. **Plant Science**, v.179, p.574-581, 2010.

OLIVER, W.W. **Seed maturity in white fir and red fir**: USDA forest service research paper PSW-99. Berkeley: Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1974. p.1-13.

OLIVEIRA, M.T.R.; BERBERT, P.A.; PEREIRA, R.C.; VIEIRA, H.D.; THIÉBAUT, J.T.L.; CARLESSO, V.O. Qualidade fisiológica e potencial de armazenamento de

sementes de carambola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.2, p.236-244, 2009.

PÁDUA, J.G.; SCHWINGEL, L.C.; MUNDIM, R.C.; SALOMÃO, A.N.; ROVERIJOSÉ, S.C.B. Germinação de sementes de *Passiflora setacea* e dormência induzida pelo armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p.80-85, 2011.

PAIVA, E.P.; TORRES, S.B.; BENEDITO, C.P.; ARAÚJO, P.C. Condicionamento fisiológico e vigor de sementes de melão. **Revista de Ciências Agrárias**, v.55, n.4, p.332-337, 2012.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, v.9, p.13–37, 1999.

PEREIRA, A.F.; MELO, P.G.S.; PEREIRA, J.M.; ASSUNÇÃO, A.; NASCIMENTO, A.R.; XIMENES, P.A. Caracteres agronômicos e nutricionais de genótipos de milho doce. **Bioscience Journal**, v.25, p.104-112, 2009a.

PEREIRA, M.D.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; ARAÚJO, E.F. Primed carrot seeds performance under water and temperature stress. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.174-179, 2009b.

PEREIRA, M.D.; SOARES, E.R.; LOPES, J.C.; BORGES, E.E.L. Condicionamento osmótico de sementes de cubiu. **Revista Caatinga**, v.25, n.3, p.12-17, 2012.

PERNOLLET, J.C.; MOSSÉ, J. Structure and location of legume and cereal seed storage proteins. In: DUSSANT, J.; MOSSÉ, J.; VAUGHAN, J. **Seed proteins**. London: Academic. 1983. p.155-191.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; AGUIAR, I.B. Maturação e dispersão de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES. 1993. p.215-274.

PINEDO, G.J.V.; FERRAZ, I.D.K. Hidrocondicionamento de *Parkia pendula* [Benth ex walp]: sementes com dormência física de árvore da Amazônia. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.39-49, 2008.

POPENOE, W. **Manual of tropical and subtropical fruits**. Hafner Press. 1974. p.299-302.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

POSSE, S.C.P.; SILVA, R.F.; VIEIRA, H.D.; CATUNDA, P.H.A. Efeitos do condicionamento osmótico e da hidratação na germinação de sementes de pimentão (*Capsicum annuum* L.) submetidas às baixas temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n. 1, p. 123-127, 2002.

REED, B.M. **Plant Cryopreservation: A Practical Guide**. New York: Springer, 2008. 532p.

REED, B.M.; SARASAN, V.; KANE, M.; BUNN, E.; PENCE, V.C. Biodiversity conservation and conservation biotechnology tools. **In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant**, v.47, n.1, p.1-24, 2011.

RIVERA, A.A.C. **Qualidade fisiológica de sementes de milho doce sob diferentes condições de armazenamento**. 2011. 177f. Tese de Doutorado (Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia - Universidade Federal de Lavras, 2011.

ROACH, T.; BECKETT, R.P.; MINIBAYEVA, F.V.; COLVILLE, L.; WHITAKER, C.; CHEN, H.; BAILLY, C.; KRANNER, I. Extracellular superoxide production, viability and redox poise in response to desiccation in recalcitrant *Castanea sativa* seeds. **Plant, Cell & Environment**, v.33, p.59-75, 2010.

RODRIGUES, A.A.D.C.; LAURA, V.A.; CHERMOUTH, K.S.; GADUM, J. Absorção de água por semente de salsa, em duas temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.49-54, 2008.

RUBIO, F.; MENEGHEL, A.P.; GOMES, L.F.S.; MALAVASI, M.M. Estádios de maturação do fruto no desempenho germinativo e teor de óleo de sementes de *Jatropha curcas* Linn. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p.663-668, 2013.

SASSO, S.A.; CITADIN, I.; DANNER, M.A. Propagação da jaboticabeira por enxertia e alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.571-576, 2010.

SATO, A.C.K.; CUNHA, R.L. Effect of particle size on rheological properties of jaboticaba pulp. **Journal of Food Engineering**, v.91, p.566-570, 2009.

SATORRE, E.H.; ARNOLD, R.L.B.; SLAFER, G.A.; FUENTE, E.B.; MIRALLES, D.J.; OTEGUI, M.E.; SAVIN, R. **Producción de granos**. Bases funcionales para su manejo, 3ed., Editorial Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina, 2012. 785p.

SCALON, S.P.Q.; LIMA, A.A.; SCALON FILHO, H.; VIEIRA, M.C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.96-103, 2009.

SEBBENN, A.M. Sistemas de reprodução em espécies tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A.R.; SILVA, L.D. (Eds.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p.93-138.

SINCLAIR, T.R.; WIT, C.T. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. **Science**, v.189, p.565-567, 1975.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. **Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB63147>>. Acesso em: 7 maio 2017.

SOUZA, M.O.; PELACANI, C.R.; SOUZA, C.L.M. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica Brasilica**, v.25, n.1, p.105-112, 2011a.

SOUZA, V.C.; ANDRADE, L.A.; CRUZ, F.R.S.; FABRICANTE, J.R.; OLIVEIRA, L.S.B. Conservação de sementes de marizeiro *Geoffroea spinosa* Jacq. utilizando diferentes embalagens e ambientes. **Ciência Florestal**, v.21, n.1, p.93-102, 2011.

SPADETO, C.; MENGARDA, L.H.G.; PAULUCIO, M.C.; LOPES, J.C.; MATHEUS, M.T. Embebição, osmocondicionamento e viabilidade de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel.) J. F. Macbr. **Ciencia Florestal**, v.28, p.80-89, 2018.

TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. Embalagens das sementes. In: **Manual das sementes, tecnologia da produção**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1977. p.187-193.

TOMPSETT, P.B.; PRITCHARD, H.W. The effect of chilling and moisture status on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aesculus hippocastanum* L. seed. **Annals of Botany**, v.82, p.249-261, 1998.

TORRES, S.B. Qualidade de sementes de melancia armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, n.2, p.163-168, 2005.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, cap. 4, 1999. p.1-26.

VIEIRA, A.H.; MARTINS, E.P.; PEQUENO, P.L.L.; LOCATELLI, M.; SOUZA, M.G. **Técnicas de produção de sementes florestais**. Rondônia, EMBRAPA-CPAF, 205, n.205, 2001. p.1-4.

VILELA, R.C.F.; ASSIS, J.G.A.; NOBREGA FILHO, L.; VIANA, B.F. Sistema reprodutivo e diversidade genética de quatro espécies de Myrciaria (Myrtaceae, jaboticabeiras). **Acta Botanica Brasilica**, v.26, n.4, p.727-734, 2012.

VILLELA, F.A.; PERES, W.B. Tecnologia de sementes: Coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: ARTMED, 2004. p.265-281.

XAVIER, F.M.; BRUNES, A.P.; CAVALCANTE, J.A.; MENEGHELLO, G.E.; RADKE, A.K.; MARTINS, A.B.N.; DIAS, L.W.; MENEGUZZO, M.R.R. Germinação de sementes de *Allium cepa* L. submetidas a condicionamento fisiológico e secagem. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.4, p.693-702, 2017.

YORINORI, J.T. Doenças da soja causadas por fungos. **Informe Agropecuário**, v.8, n.94, p.40-46, 1982.

YUYAMA, K.; MENDES, N. B.; VALENTE, J.P. Longevidade de sementes de camu-camu submetidas a diferentes ambientes e formas de conservação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.601-607, 2011.

WALTERS, C; FARRANT, J.M; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Desiccation Stress and Damage. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W. (eds). **Desiccation and Plant Survival**. CABI Publishing, Wallingford, UK, 2002. p.263-291.

WANG, X.F.; JING, X.M.; LIN, J. Starch mobilization in ultradried seed of maize (*Zea mays* L.) during germination. **Journal of Integrative Plant Biology**, v.47, n.4, p.443–451, 2005.

WILSON, P.G.; O'BRIEN, M.M.; HESLEWOOD, M.M.; QUINN, C.J. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a matk phylogeny. **Plant Systematics and Evolution**, v.251, p.3-19, 2005.

ZICKER, M.C. **Obtenção e utilização do extrato aquoso de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba* (Vell) Berg) em leite fermentado: caracterização físico-química e sensorial**. 2011. 139f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

3.0 CAPÍTULO 1 – MATURAÇÃO FISIOLÓGICA E QUALIDADE DE SEMENTES DE JABUTICABA

3.1 INTRODUÇÃO

A jabuticabeira (*Plinia cauliflora* (Mart.) O. Berg) pertencente à família Myrtaceae produz frutos diretamente nos troncos e ramos da árvore, cuja cor das cascas varia de vermelho a roxo-escuro e preto. A polpa é branca, com sabor doce e ácido, contendo de uma a quatro sementes (REYNERTSON et al., 2008; FLORES et al., 2012). A polpa apresenta na sua composição açúcares, ácidos orgânicos e terpenos (PLAGEMANN et al., 2012). São poucos pomares comerciais de jabuticaba, com destaque para os estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás. Para ocorrer expansão da área de cultivo são necessárias pesquisas que visem ao avanço na domesticação dessa frutífera (SALLA et al., 2015).

A jabuticaba possui grande potencial econômico, sendo utilizada para o consumo *in natura* e em produtos processados, como bebidas, geleias, licores caseiros e vinagre (TEIXEIRA et al., 2008), e na indústria farmacêutica, devido às suas características nutracêuticas, pela presença de compostos funcionais (CAVALCANTI et al., 2011; DANNER et al., 2011). Portanto, para melhor aproveitamento deste potencial econômico é necessária a formação de pomares comerciais de jabuticaba utilizando-se de plantas uniformes e com boas características agrônômicas (CASSOL et al., 2015).

O principal método de propagação da jabuticabeira é seminífero, devido à dificuldade de enraizamento adventício que ela apresenta (MANICA, 2000). A propagação sexuada pode ser afetada por vários fatores internos e externos (MARTINS et al., 2008) como viabilidade, dormência, maturidade fisiológica, disponibilidade de água na semente e no substrato, luz, gases e temperatura (WAGNER JÚNIOR et al., 2011).

Para a obtenção de sementes de alta qualidade fisiológica, é de fundamental importância a identificação do ponto ideal de colheita com relação à sua maturação (POPINIGIS, 1985; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As sementes são consideradas maduras fisiologicamente quando atingem máxima massa seca, e este estágio pode coincidir com maior germinação e vigor. Após atingir esse ponto, podem ocorrer mudanças que ocasionam deterioração das sementes (HARRINGTON, 1972; DELOUCHE; BASKIN, 1983).

A maturação é caracterizada por várias mudanças morfológicas, fisiológicas e funcionais que podem influenciar a qualidade das sementes (AVILA et al., 2009). Assim, é necessário realizar estudos com diferentes épocas de colheita das sementes visando determinar a época em que ocorre maior germinação e vigor. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho estudar alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes de jaboticaba colhidas em diferentes estádios de maturação.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de jaboticaba foram colhidos em um pomar no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Alegre, Sul do estado do Espírito Santo, nas coordenadas 20° 45' 50" S e 41° 27' 25" W. Foram utilizadas 13 plantas adultas de jaboticabeira (*Plinia cauliflora* (Mart.) O. Berg) com aproximadamente 20 anos de idade. Durante a fase de florescimento, as flores foram etiquetadas na antese floral e, posteriormente, os frutos colhidos em diferentes estádios de maturação, após 14; 21; 28 e 35 dias da antese (DAA).

A colheita dos frutos foi realizada nos meses de junho e julho de 2017, em ramos dispostos radialmente na porção mediana da copa. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES).

Para a extração das sementes, os frutos foram pressionados contra uma superfície plana e firme de uma bancada em granito e a polpa removida com a técnica da cal extinta. As sementes permaneceram durante 12 horas, à sombra, para redução do excesso de umidade.

Para o estudo da qualidade fisiológica das sementes foram analisados: **teor de água da semente (%)** - foi determinado de acordo com Brasil (2009) utilizando-se quatro repetições de 15 sementes; **condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)** - método adaptado da proposta de Vidigal et al. (2008), determinando-se a condutividade elétrica da solução de embebição em condutivímetro modelo EC-1382, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes; **lixiviação de potássio ($\text{mg K}^+ \text{g}^{-1}$ sementes)** - foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, pesadas em balança analítica (0,0001 g), acondicionadas em copos plásticos com 75 mL de água destilada, durante 24 horas, em câmara germinadora tipo B.O.D., a 25 °C, sob luz constante. Posteriormente, foi realizada a determinação do conteúdo de potássio na solução em fotômetro de chama; **porcentagem de**

poliembrionia (%) - consistiu na razão do número de sementes que deram origem a mais de uma plântula pelo número de sementes que originaram plântulas; **germinação (%)** - conduzida com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, semeadas em rolos de papel tipo germitest, umedecidos com água destilada na proporção de três vezes a massa do papel seco, mantidos em câmara de germinação regulada à temperatura constante de 25 °C, sob luz constante, durante 35 dias; **índice de velocidade de germinação (IVG)** - realizado de acordo com Maguire (1962), sendo a contagem feita até o 35º dia; **tempo médio de germinação (TMG - dias)** - calculado de acordo com Labouriau (1983); **primeira contagem de germinação (PCG - %)** - consistiu no registro da porcentagem de sementes com protrusão de raiz primária após dez dias da semeadura; **porcentagem de sementes viáveis (%)** - realizada de acordo com Brasil (2009), para determinar a viabilidade das sementes que não germinaram ao final do teste de germinação, utilizando-se uma solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, na concentração de 1%; **porcentagem de plântulas normais (%)** - realizada conforme Brasil (2009), no final do teste de germinação; **comprimento da parte aérea e de raiz (cm)** - determinados no final do teste de germinação (BRASIL, 2009); **massas fresca e seca das plântulas (g)** - determinadas no final do teste de germinação, em balança analítica (0,0001 g). Após a obtenção da massa fresca, as plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo Kraft, e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 70 °C, por 72 horas.

Quanto à caracterização bioquímica das sementes, foi realizada uma extração pelo método de Bligh e Dyer (1959) adaptado, com separação dos compostos solúveis pela característica de sua natureza hidrofílica ou hidrofóbica, sendo determinados os teores de: **lipídios totais** - determinados pelo método gravimétrico; **carboidratos totais** - pelo método de Hodge e Hofreiter (1962); **proteínas totais** - pelo método de Bradford (1976); **amido** - pelo processo de hidrólise ácida do amido das amostras em mono, di e oligossacarídeos que, posteriormente, foram submetidas à reação com Antrona (HODGE; HOFREITER, 1962); **fenóis totais** - determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (SWAIN; HILLIS, 1959); **fibras** - determinadas pela da secagem do *pellet* restante da extração do amido, em estufa de circulação forçada à temperatura de 60 °C até peso constante (48 horas).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para as análises fisiológicas e três repetições de 25 sementes em duplicatas para as análises bioquímicas. Os dados foram submetidos à análise de variância e a para os

diferentes estádios de maturação foi realizada a análise de regressão. A seguir, foi estimada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre as características analisadas, e a significância verificada pelo teste t de Student em nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o software R (TEAM, 2018).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos colhidos aos 14 DAA apresentavam coloração verde, diâmetro de 1,45 cm e massa fresca do fruto de 2,71 g; aos 21 DAA apresentavam coloração verde com leve pigmentação roxa, diâmetro de 1,71 cm e massa fresca do fruto de 3,75g; aos 28 DAA apresentavam 1/3 a 1/2 da superfície roxo claro, diâmetro de 1,80 cm e massa fresca do fruto de 4,05 g; e aos 35 DAA apresentavam coloração totalmente roxo-escura a preta, diâmetro de 2,08 cm e massa fresca do fruto de 7,32 g.

O teor de água das sementes de jabuticaba foi monitorado durante a época de maturação, com valores variando entre 44,63 a 64,03%. Verificou-se que o teor de água das sementes decresceu linearmente em função do estágio de maturação (Figura 1A).

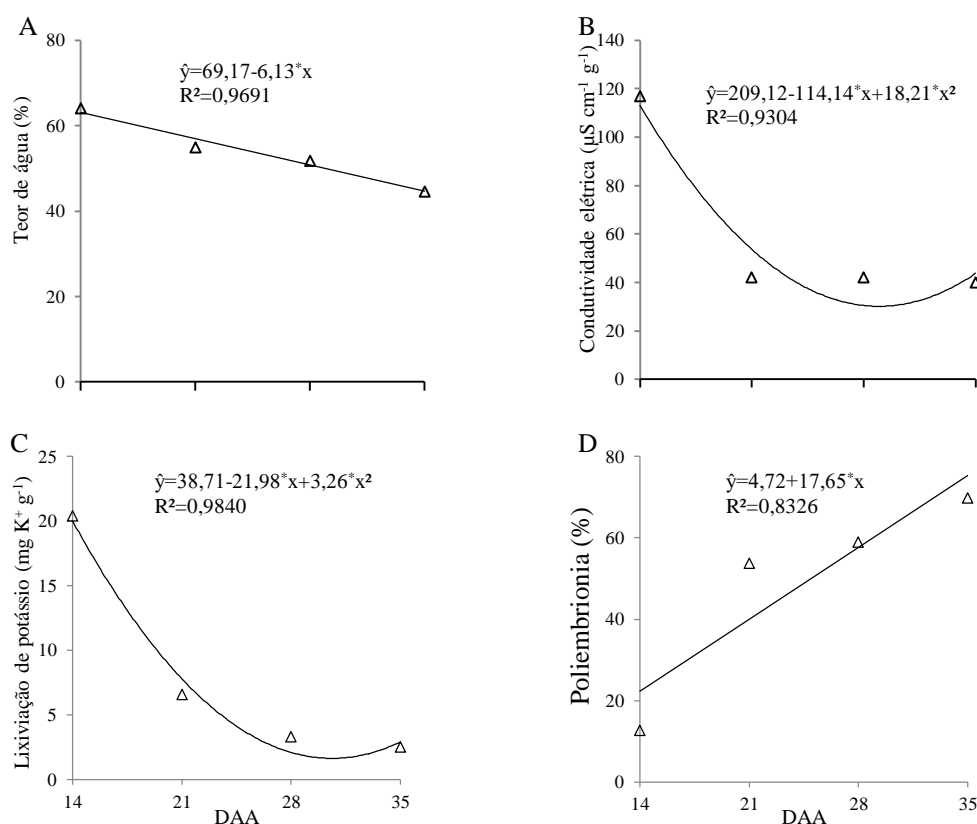


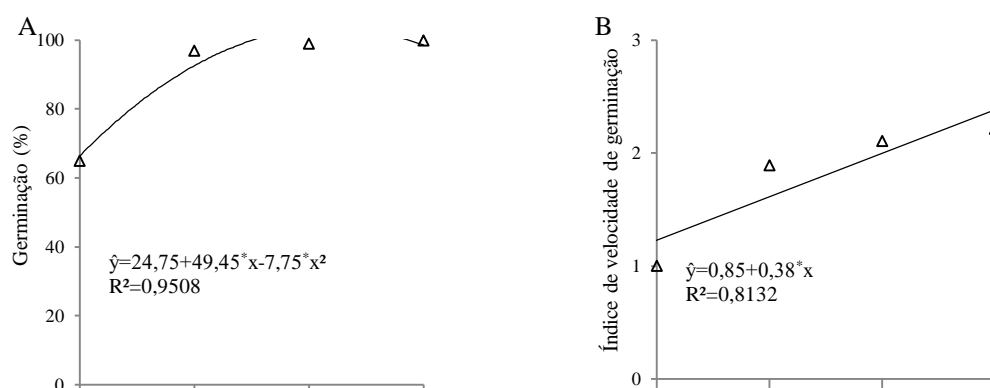
Figura 1. Teor de água (A), condutividade elétrica - CE (B), lixiviação de potássio (C) e porcentagem de poliembrião (D) em função da maturação das sementes de jabuticaba. *Significância em nível de 1%. DAA – dias após a antese.

Maior redução no teor de água foi observada nas sementes com 35 DAA, atingindo valores de 44,63%, corroborando com Popinigis (1985) e Carvalho e Nakagawa (2012), os quais citam que no início da formação das sementes observa-se elevada umidade, a qual decresce ao longo da maturação (LOPES et al., 2008). O alto teor de água observado em jabuticaba encontra-se muito próximo aos valores observados em outras espécies recalcitrantes, como *Eugenia uniflora* - 47% (AVILA et al., 2009), *Inga striata* - 50% (MATA et al., 2013), *Inga laurina* - 54,45% (SCHULZ et al., 2014). De acordo com Bewley et al. (2013), o alto teor de água no início da maturação é fundamental para ocorrer a expansão celular e a translocação de metabólitos da planta para as sementes e, também, para o posterior acúmulo das reservas.

O alto teor de água observado nas sementes de jabuticaba é característico das sementes recalcitrantes, que não sofrem dessecação acentuada no período final da maturação e, portanto, são dispersas com elevado teor de água com manutenção do metabolismo ativo, podendo germinar logo após sua dispersão (ROBERTS; KING, 1980; PAMMENTER; BERJAK, 2000; FARIA et al., 2004).

A condutividade elétrica (CE) das sementes, que infere sobre a lixiviação dos solutos orgânicos, apresentou comportamento quadrático durante os estádios de maturação. Os maiores valores de CE foram observados no menor estágio de maturação (14 DAA) (Figura 1B), comportando-se semelhantemente à lixiviação de potássio (Figura 1C).

Observou-se que o maior valor de CE e de lixiviação de potássio coincidiu com a menor porcentagem de germinação das sementes (Figura 2A), enquanto valores mais baixos de CE foram observados quando as sementes apresentavam maior vigor. Estes resultados sugerem que nesta fase ocorreu aumento da integridade das membranas celulares e, conseqüentemente, menor lixiviação de solutos ao longo do desenvolvimento das sementes (VIDIGAL et al., 2011).



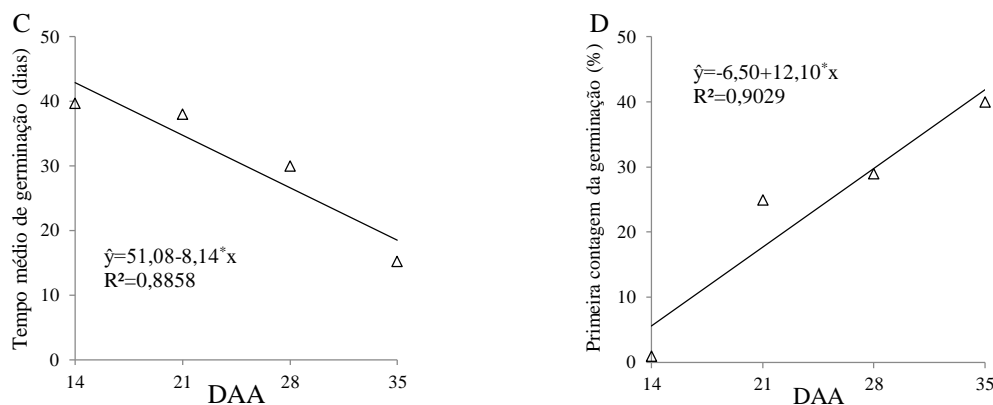


Figura 2. Porcentagem de germinação (A), índice de velocidade de germinação (B), tempo médio de germinação (C) e primeira contagem da germinação (D) em função da maturação das sementes de jaboticaba. *Significância em nível de 1%. DAA – dias após a antese.

As sementes apresentam inicialmente um menor potencial fisiológico (Figura 2), com maior quantidade de lixiviados liberados no meio (maiores valores de CE e lixiviação de K) (Figura 1B e C), como consequência provavelmente da menor estruturação e seletividade das membranas. Medeiros et al. (2010) destacam que com o decorrer do tempo de maturação, houve redução na lixiviação dos solutos em decorrência da estruturação adequada das membranas celulares com a aproximação do ponto de maturidade fisiológica. E, de acordo com Ricci et al. (2013), a completa maturação e organização do sistema de membranas da semente faz com que ocorram menores valores de condutividade elétrica, indicando aumento de vigor.

Com o avanço da maturação ocorre aumento da integridade celular devido à maior organização das membranas, minimizando-se as perdas na integridade e indicando conclusão da organização das membranas ao final da maturação da semente. Isso faz com que ocorra menor extravasamento de solutos e lixiviação de potássio através das membranas.

Observou-se que a porcentagem de poliembriõnia apresentou resposta ajustada ao modelo linear de regressão, com maior valor (69,82%) no maior estágio de maturação (35 DAA), chegando a apresentar até quatro embriões na mesma semente, e menor porcentagem (12,75%) no tempo inicial da maturação (Figura 1D). O maior número de embriões observado na fase final de maturação (35 DAA) corrobora com a observação de Alexandre et al. (2006).

Analisando a porcentagem de germinação, observa-se um efeito quadrático positivo, com maiores e menores médias aos 14 (65%) e 35 DAA (100%), respectivamente

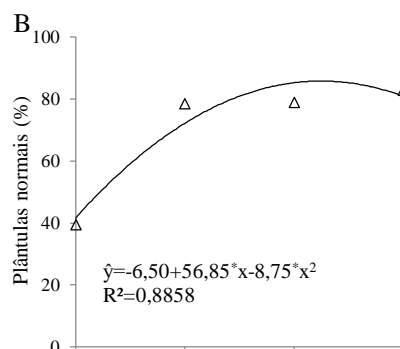
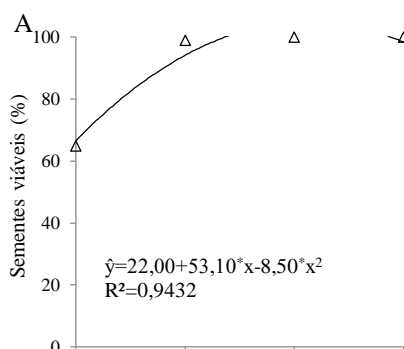
(Figura 2A). A maior porcentagem da germinação coincidiu com o período em que se intensificou a desidratação das sementes (Figuras 1A e 2A).

As sementes de jabuticaba de frutos de coloração verde (14 DAA), apesar de apresentarem capacidade germinativa, não atingiram a maturidade fisiológica. Já as sementes provenientes de frutos com estágio mais avançado da maturação cor roxo-escura a preta apresentaram maior germinação e são indicadas para a colheita e obtenção de sementes capazes de produzir plântulas com maior vigor (SCHULZ et al., 2014).

O índice de velocidade de germinação e a primeira contagem da germinação aumentaram linearmente em resposta ao avanço do estágio de maturação das sementes de jabuticaba, com maiores valores aos 35 DAA (Figuras 2B e D), demonstrando relação direta entre o IVG e a maturação do fruto (RICCI et al., 2013), visto que se observa maior vigor e maior qualidade das sementes colhidas em frutos com maior avanço na maturidade (NAKADA et al., 2011).

O tempo médio de germinação (TMG) diminuiu com o aumento dos dias após a antese, com ajuste ao modelo linear, com maior valor observado no primeiro estágio de maturação estudado (14 DAA), sendo 40 dias (Figura 2C). Há redução no TMG à medida que ocorre um progresso no processo de maturação das sementes, inferindo que quanto mais rápido ocorrer o crescimento, a germinação e o crescimento das plântulas, menor será a suscetibilidade das mesmas às intempéries (GONÇALVES et al., 2015).

Verificou-se que as porcentagens de sementes viáveis e de plântulas normais aumentaram, com ajuste ao modelo quadrático, em função dos estágios de maturação das sementes, com maiores valores aos 35 DAA, com valores de 100 e 83%, respectivamente (Figuras 3A e B).



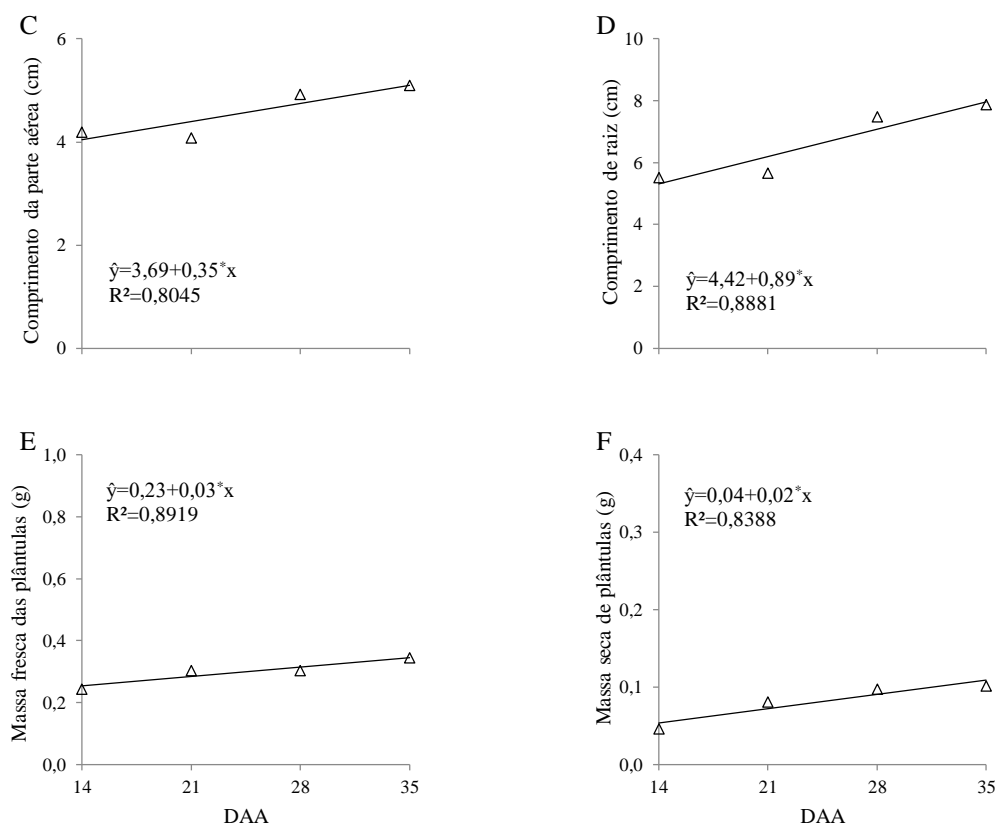


Figura 3. Porcentagem de sementes viáveis (A), porcentagem de plântulas normais (B), comprimento da parte aérea (C), comprimento do sistema radicular (D), massa fresca (E) e seca de plântulas (F) em função da maturação das sementes de jaboticaba. * Significância em nível de 1%. DAA – dias após a antese.

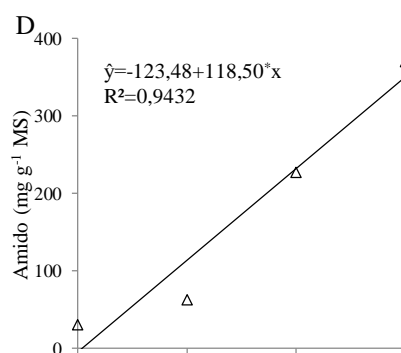
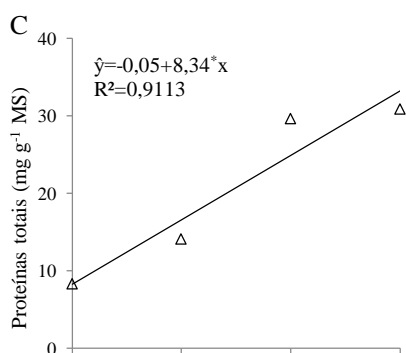
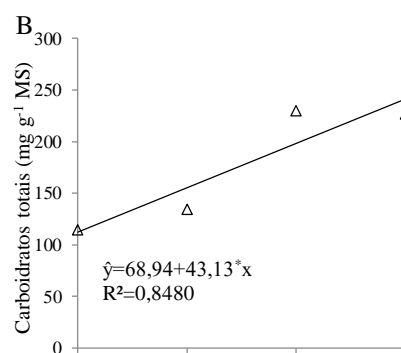
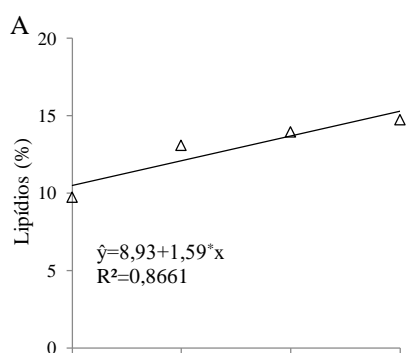
Pelos resultados obtidos, acredita-se que aos 14 DAA, as sementes de jaboticaba ainda não tinham completado suas transformações morfológicas, fisiológicas e funcionais que ocorrem com a fecundação do óvulo e que são responsáveis por fornecer condições para o embrião reiniciar o crescimento e, sob condições ambientais favoráveis, dar origem a uma plântula normal (POPINIGIS, 1985). Logo, as sementes de jaboticaba que ainda não estavam completamente maduras germinaram. Contudo, não resultaram em plântulas tão vigorosas quanto aquelas que se encontravam em estágio de maturação mais avançado, conforme relatado por Carvalho e Nakagawa (2012).

As sementes de jaboticaba no ponto de maturidade fisiológica são capazes de germinar e produzir plântulas normais, por apresentarem todos os componentes químicos e fisiológicos para que isso ocorra (QUEIROZ et al., 2011). Dentre os componentes fisiológicos citam-se a manutenção da atividade respiratória, adequada estruturação do sistema de membranas e DNA, menor teor de água e maior acúmulo de massa seca nas sementes. Enquanto, entre os componentes químicos têm-se

metabolismo de reservas, alterações no aparato de enzimas e na síntese proteica, maiores teores de carboidratos, proteínas, amido e lipídios (DIAS, 2001; WANG et al., 2001; CORTE et al., 2006; LOPES et al., 2008; HENNING et al., 2010; SCHWEMBER; BRADFORD, 2010; KESARI; RANGAN, 2011; QUEIROZ et al., 2011).

O comprimento da parte aérea e da raiz, e massas fresca e seca das plântulas aumentou linearmente em resposta aos estádios de maturação das sementes, com maiores valores observados após 35 DAA, com valores de 5,10 e 7,88 cm, e 0,35 e 0,10 g, respectivamente (Figuras 3C, D, E e F). Observou-se que em 35 DAA ocorreu 100% de germinação, coincidindo com maior crescimento e acúmulo de massa das plântulas. Estes resultados corroboram com os de Negreiros et al. (2006), que observaram maior crescimento das plântulas na fase de completa maturação fisiológica das sementes.

Considerando a composição química das sementes ao longo dos estádios de maturação, observou-se que os teores de lipídios, carboidratos totais, proteínas totais, amido e fibras foram maiores com o aumento nos dias após a antese (Figuras 4A, B, C, D e F). Menores teores foram observados no primeiro estágio de maturação estudado (14 DAA).



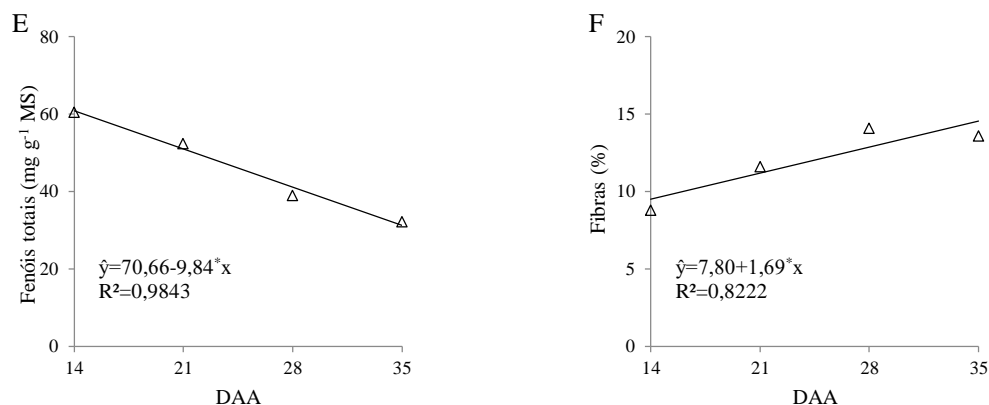


Figura 4. Teor de lipídios totais (A), carboidratos totais (B), proteínas totais (C), amido (D), fenóis totais (E) e fibras (F) em função da maturação das sementes de jabuticaba. *Significância em nível de 1%.

A fase de maturação é descrita como o tempo em que ocorre um acúmulo de reservas de armazenamento e secagem das sementes (SANTOS-MENDOZA et al., 2008). As sementes são consideradas dreno, que recebem os produtos da fotossíntese, com consequente aumento no conteúdo de massa seca, representada por proteínas, açúcares, lipídios e outras substâncias, até alcançar um valor máximo, quando cessa a translocação planta-semente (DIAS, 2001). Nessa fase, o teor de água das sementes permanece alto e decresce lentamente à medida que ocorre substituição da água pelas reservas sintetizadas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Consequentemente, a massa das sementes aumenta com o decorrer da maturação dos frutos devido ao acúmulo de metabólitos translocados da planta para as sementes durante a maturação (BEWLEY et al., 2013).

Nos estádios iniciais de maturação houve baixo acúmulo de reservas nas sementes, refletindo diretamente na germinação e no vigor. Isso ocorreu porque no início do desenvolvimento, logo após a fertilização da semente, houve um lento acúmulo de massa seca, havendo nesta fase inicial, predominância de divisões celulares, com aumento do número de células. Posteriormente, observou-se um aumento rápido e contínuo na massa seca, acompanhado por um aumento na germinação e no vigor, até atingir o ponto máximo, corroborando com as observações de Dias (2001).

As maiores concentrações de amido, carboidratos, proteínas e de lipídios nas sementes (35 DAA) coincidiram com a maior porcentagem de germinação e maior vigor e contribuíram para o desenvolvimento inicial das plântulas (CORTE et al., 2006; HENNING et al., 2010). Isso ocorre porque essas substâncias são mobilizadas no processo de germinação e no decorrer do crescimento das plântulas.

O aumento no teor de amido na maturidade fisiológica das sementes de jabuticaba evidencia sua atuação como reserva de carbono para as células em processo de diferenciação, visto que essas células sofrem mudanças muito rápidas no seu desenvolvimento e grandes flutuações na demanda por carbono (ANDRIOTIS et al., 2010). Também, a sacarose produzida pode ser temporariamente armazenada na forma de amido para utilização como reserva de carbono para a síntese de outros compostos de reserva como lipídios e proteínas, justificando esse aumento do amido com o avanço da maturação das sementes (ANDRIOTIS et al., 2010; PAVITHRA et al., 2014). Esse aumento na concentração de amido também pode estar relacionado a uma possível preparação das sementes de jabuticaba para a germinação, uma vez que as sementes são recalcitrantes e já se encontram aptas para germinar imediatamente após sua formação. Além do mais, o amido constitui-se em uma rápida disponibilização de energia, e a quebra de lipídios é mais lenta e com maior gasto de energia.

Os carboidratos são fonte primária de carbono para a semente, a sacarose é produzida nas folhas através do processo de fotossíntese e é transferida para a semente, servindo de substrato para a formação do amido (BEWLEY et al., 2013). Além disso, os carboidratos podem apresentar aumento com o avanço da maturação, visto que as sementes podem apresentar uma maior concentração de açúcares para que estes substituam a água ligada com macromoléculas, mantendo as ligações de hidrogênio, preservando a estrutura das proteínas e atuando na manutenção da integridade das membranas, quando ocorre a perda de água ou dessecação (HOEKSTRA et al., 2001; PUKACKA et al., 2009).

O aumento do conteúdo de proteínas durante o processo de maturação pode ser devido à utilização de aminoácidos para a síntese de proteínas (GALILI et al., 2014); à manutenção do alto teor de água da semente visto que o padrão de síntese proteica pode ser modificado pela secagem, ocorrendo redução de RNAs-m no eixo embrionário, relacionados à redução na produção de proteínas envolvidas no desenvolvimento da semente, chegando, inclusive, a cessar a produção do RNAs-m (BEWLEY; BLACK, 1994); e, também, a redução do teor de água das sementes com o avanço da maturação promove uma alteração das estruturas de ácidos nucleicos, proteínas e lipídios polares devido ao enfraquecimento das interações hidrofílicas e hidrofóbicas (JUSTO et al., 2007), o que pode não ocorrer nas sementes de jabuticaba devido ao alto teor de água observado na maturação; às proteínas assumirem um papel de proteção durante a maturação, em que estas podem se associar aos corpos lipídicos, prevenindo sua

coalescência pela ação de enzimas hidrolíticas (PAVITHRA et al., 2014); e ao fato das proteínas estarem associadas à síntese de material genético e às reações enzimáticas essenciais ao metabolismo celular, justificando o acúmulo de proteínas com o avanço da maturação (WANG et al., 2001; KESARI; RANGAN, 2011).

Ocorreu um aumento no teor de lipídios em função da maturação, devido à sua atuação como fonte de energia e carbono para a biossíntese de amido durante a maturação e, também, fornecer substratos para a respiração e germinação (BLACK et al., 2006). Além do mais, os lipídios são componentes das membranas celulares e auxiliam na manutenção da integridade das mesmas (SCHWEMBER; BRADFORD, 2010) e, conseqüentemente, ocorre maior quantidade de lipídios em função do avanço da maturação das sementes.

Observou-se redução linear dos fenóis totais em função dos estádios de maturação das sementes (Figura 4E), com maiores valores obtidos em sementes colhidas após 14 dias da antese ($60,59 \text{ mg g}^{-1} \text{ MS}$). Essa redução no teor dos fenóis com o avanço na maturação pode ser atribuída à sua atuação no processo germinativo, considerando que esses compostos podem interferir na germinação pelo sequestro do oxigênio necessário ao processo respiratório (PINOL; PALAZÓN, 1993). Assim, essa redução do teor de fenóis durante a maturação é uma preparação das sementes para que ocorra o processo de germinação adequadamente. A oxidação dos compostos fenólicos, como cumarina, ácido clorogênico e seus derivados, que ocorre nos tegumentos das sementes pode inibir o processo de germinação das sementes (BEWLEY; BLACK, 1994), reduzir a taxa de respiração do embrião e o crescimento da plântula (PINOL; PALAZÓN, 1993).

O coeficiente de correlação de Pearson foi determinado entre todas as variáveis estudadas e considerou-se correlação entre as variáveis com forte dependência linear acima de 0,80 (Tabela 1). As correlações observadas reafirmam os resultados obtidos neste estudo.

O teor de água das sementes apresentou correlação linear com todas as variáveis analisadas, sendo diretamente proporcional com a condutividade elétrica ($r=0,86$), lixiviação de potássio ($r=0,91$), o tempo médio de germinação ($r=0,90$) e fenóis totais ($r=0,93$). Essas correlações indicam que o teor de água influencia na germinação e no vigor das sementes de jabuticaba, em que sementes com menor grau de maturação apresentam maior teor de água. As sementes de jabuticaba de frutos de coloração verde (14 DAA), apesar de apresentarem capacidade germinativa, não atingiram a maturidade fisiológica.

Foi observada uma relação direta, também, entre a CE da solução de embebição das sementes e a lixiviação de K, confirmada pelo coeficiente de correlação significativo ($r=0,98$). A CE apresentou correlação significativa e negativa com a porcentagem de germinação ($r=-0,99$), sementes viáveis ($r=-0,99$), plântulas normais ($r=-0,99$) e índice de velocidade de germinação ($r=-0,97$). O extravasamento de solutos das sementes observado pela CE e lixiviação de K sugere a desestruturação das membranas, resultando em menor germinação e vigor.

A correlação negativa observada entre a lixiviação de K com as variáveis germinação ($r=-0,98$), índice de velocidade de germinação ($r=-0,99$), sementes viáveis ($r=-0,97$), plântulas normais ($r=-0,98$), massa fresca ($r=-0,92$) e seca das plântulas ($r=-0,97$), teor de lipídios ($r=-0,97$) e fibras ($r=-0,94$) também enfatiza os resultados citados acima.

Medeiros et al. (2010) afirmam que com o decorrer do tempo de maturação há redução na lixiviação dos solutos em decorrência da estruturação adequada das membranas celulares com a aproximação do ponto de maturidade fisiológica. A completa maturação e organização do sistema de membranas da semente faz com que ocorram menores valores de condutividade elétrica, indicando aumento de vigor (RICCI et al., 2013).

Há correlação significativa e positiva entre a porcentagem de germinação com o índice de velocidade de germinação ($r=0,98$), porcentagem de sementes viáveis ($r=0,99$), plântulas normais ($r=0,99$), massa fresca ($r=0,90$) e seca das plântulas ($r=0,95$) e teor de lipídios ($r=0,95$). Correlação positiva também foi observada entre o índice de velocidade de germinação e as variáveis porcentagem de sementes viáveis ($r=0,97$), plântulas normais ($r=0,98$), massa fresca ($r=0,93$) e seca das plântulas ($r=0,97$) e teor de lipídios ($r=0,97$). Esses resultados evidenciam a ocorrência de uma germinação rápida e uniforme e o crescimento de plântulas normais em sementes com maior vigor.

A porcentagem de plântulas normais apresentou forte correlação positiva com a massa fresca ($r=0,92$) e seca das plântulas ($r=0,93$) e teor de lipídios ($r=0,96$), em que um aumento do teor de lipídios determina aumento das massas fresca e seca das plântulas.

O comprimento da parte aérea apresentou correlação positiva e significativa com os teores de carboidratos totais ($r=0,93$), proteínas totais ($r=0,94$), amido ($r=0,94$) e negativa com fenóis totais ($r=-0,89$). Semelhante ao observado, o comprimento da raiz apresentou correlação positiva e significativa com os teores de carboidratos totais ($r=0,95$), proteínas totais ($r=0,98$), amido ($r=0,96$) e negativa com fenóis totais ($r=-$

0,94). Os teores de carboidratos totais apresentaram correlação positiva com o teor de proteínas totais ($r=0,96$).

Essas correlações observadas evidenciam que os carboidratos são fonte de energia metabólica para o crescimento da plântula e de esqueletos de carbono para a biossíntese de aminoácidos e proteínas. Os carboidratos e proteínas são necessários no processo de germinação, ocasionando aumento na porcentagem de sementes germinadas na primeira contagem (BEWLEY; BLACK, 1994).

As massas fresca e seca das plântulas apresentaram correlação positiva com o teor de lipídios, ambos com $r=0,93$.

Tabela 1. Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: teor de água (TA), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LP), poliembrionia (PE), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), primeira contagem da germinação (PCG), sementes viáveis (SV), plântulas normais (PN), comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas, lipídios (LIP), carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM), fenóis totais (FT) e fibras (FIB) de sementes de jaboticaba em função do estágio de maturação.

	CE	LP	PE	G	IVG	TMG	PCG	SV	PN	CPA	CR	MFP	MSP	LIP	CT	PT	AM	FT	FIB
TA	0,86*	0,91*	-0,95*	-0,87*	-0,93*	0,90*	-0,89*	-0,85*	-0,89*	-0,80*	-0,87*	-0,96*	-0,91*	-0,94*	-0,82*	-0,90*	-0,91*	0,93*	-0,89*
CE	-	0,98*	-0,97*	-0,99*	-0,97*	0,55*	-0,85*	-0,99*	-0,99*	-0,51*	-0,62*	-0,89*	-0,93*	-0,93*	-0,67*	-0,74*	-0,62*	0,74*	-0,89*
LP		-	-0,99*	-0,98*	-0,99*	0,67*	-0,88*	-0,97*	-0,98*	-0,66*	-0,75*	-0,92*	-0,97*	-0,97*	-0,79*	-0,85*	-0,74*	0,84*	-0,94*
PE			-	0,97*	0,99*	-0,74*	0,89*	0,96*	0,98*	0,67*	0,76*	0,96*	0,96*	0,97*	0,77*	0,85*	0,78*	-0,85*	0,92*
G				-	0,98*	-0,59*	0,86*	0,99*	0,99*	0,54*	0,67*	0,90*	0,95*	0,95*	0,70*	0,78*	0,66*	-0,77*	0,91*
IVG					-	-0,71*	0,87*	0,97*	0,98*	0,67*	0,77*	0,93*	0,97*	0,97*	0,80*	0,87*	0,77*	-0,86*	0,94*
TMG						-	-0,75*	-0,55*	-0,61*	-0,89*	-0,90*	-0,82*	-0,71*	-0,74*	-0,81*	-0,85*	-0,97*	0,88*	-0,71*
PCG							-	0,84*	0,87*	0,66*	0,75*	0,87*	0,86*	0,94*	0,76*	0,79*	0,76*	-0,74*	0,81*
SV								-	0,99*	0,51*	0,63*	0,87*	0,94*	0,94*	0,68*	0,75*	0,62*	-0,75*	0,89*
PN									-	0,55*	0,66*	0,92*	0,93*	0,96*	0,70*	0,77*	0,66*	-0,78*	0,89*
CPA										-	0,97*	0,68*	0,70*	0,71*	0,93*	0,94*	0,94*	-0,89*	0,80*
CR											-	0,76*	0,80*	0,80*	0,95*	0,98*	0,96*	-0,94*	0,86*
MFP												-	0,89*	0,93*	0,73*	0,82*	0,83*	-0,87*	0,85*
MSP													-	0,93*	0,81*	0,87*	0,77*	-0,86*	0,95*
LIP														-	0,82*	0,87*	0,80*	-0,86*	0,93*
CT															-	0,96*	0,89*	-0,87*	0,90*
PT																-	0,94*	-0,94*	0,93*
AM																	-	-0,93*	0,81*
FT																		-	-0,89*

* Significância em nível de 5%.

3.4 CONCLUSÕES

- Ocorre aumento na qualidade fisiológica das sementes de jabuticaba com o aumento do estágio de maturação;
- A maturidade fisiológica de sementes de jabuticaba é obtida após 35 dias da antese, com germinação e vigor máximos, apresentando menor teor de água e maior acúmulo de massa seca;
- As sementes de jabuticaba de máxima qualidade fisiológica são obtidas de frutos colhidos após 35 dias da antese e com coloração roxo-escura a preta;
- As sementes de jabuticaba apresentam maior teor de lipídios, carboidratos, proteínas e amido após a maturação;
- Maior qualidade fisiológica das sementes de jabuticaba na maturação coincide com maior acúmulo de lipídios, carboidratos, proteínas e amido;
- Há menor acúmulo de lipídios, carboidratos, proteínas e amido nos estádios iniciais de maturação das sementes de jabuticaba.

3.5 REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, R.S.; WAGNER JÚNIOR, A.; NEGREIROS, J.R.S.; BRUCKNER, C.H. Estádio de maturação dos frutos e substratos na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.2, p.227-230, 2006.
- ANDRIOTIS, V.M.E.; PIKE, M.J.; KULAR, B.; RAWSTHORNE, S.; SMITH, A.M. Starch turnover in developing oilseed embryos. **New Phytologist**, v.187, p.791-804, 2010.
- AVILA, A.L.D.; ARGENTA, M.D.S.; MUNIZ, M.F.B.; POLETO, I.; BLUME, E. Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (pitanga), Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v.19, n.1, p.61-68, 2009.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2^a ed. New York: Plenum Press, 1994, 445p.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BLACK, M.; BEWLEY, J.D.; HALMER, P. **Science, technology and uses**. Wallingford: CAB International, 2006. 828p.

BLIGH, E.G., DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BRADFORD, M.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. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009, 399p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CASSOL, D.A.; WAGNER JÚNIOR, A.; PIROLA, K.; DOTTO, M.; CITADIN, I. Embalagem, época e ácido indolbutírico na propagação de jabuticabeira por alporquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.1, p.267-272, 2015.

CAVALCANTI, R.N.; VEGGI, P.C.; MEIRELES, M.A.A. Supercritical fluid extraction with a modifier of antioxidant compounds from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) by products: economic viability. **Procedia Food Science**, v.1, p.1672-1678, 2011.

CORTE, V.B.; BORGES, E.E.L; PONTES, C.A.; LEITE, I.T.A.; VENTRELLA, M.C.; MATHIAS, A.A. Mobilização de reservas durante a germinação das sementes e crescimento das plântulas de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Leguminosae Caesalpinoideae). **Revista Árvore**, v.30, p.941-949, 2006.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; SCARIOT, S.; BENIN, G. Genetic dissimilarity among jaboticaba trees native to Southwestern Paraná, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.517-525, 2011.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, v.1, p.427-452, 1973.

DIAS, D.C.F.S. Maturação fisiológica de sementes: o processo. **Seed News**, v.5, n.6, p.22-24, 2001.

FARIA, J.M.R.; LAMMEREN, A.A.M.; HILHORST, H.W.M. Desiccation sensitivity and cell cycle aspects in seeds of *Inga vera* subsp. *affinis*. **Seed Science Research**, v.14, n.2, p.165-178, 2004.

FLORES, G.; DASTMALCHI, K.; PAULINO, S.; WHALEN, K.; DABO, J.; REYNERTSON, K.A.; FORONJY, R.F.; D'RMIENTO, J.M.; KENNELLY, E.J. Anthocyanins from *Eugenia brasiliensis* edible fruits as potential therapeutics for COPD treatment. **Food Chemistry**, v.134, p.1256-1262, 2012.

GALILI, G.; VAN-WITTENBERG, T.; ANGELOVICI, R.; FERNIE, A.R. The role of photosynthesis and amino acid metabolism in the energy status during seed development. **Frontiers in Plant Science**, v.5, n.447, 2014.

GONÇALVES, V.D.; MÜLLER, D.H.; FAVA, C.L.F.; CAMILI, E.C. Maturação fisiológica de sementes de pimenta "Bode Vermelha". **Revista Caatinga**, v.28, n.3, p.137-146, 2015.

HARRINGTON, J.F. Seed storage longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.). **Seed Biology**, Academic Press, New York, v.3, 1972. p.145-245.

HENNING, F.A.; MERTZ, L.M.; JUNIOR, E.A.J.; MACHADO, R.D.; FISS, G.; ZIMMER, P.D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v.69, n.3, p.727-734, 2010.

HODGE, J.E.; HOFREITER, B.T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J.E.; WOLFROM, M.L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press. v.1, 1962. p.380-394.

HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; TETTEROO, F.A.; WOLKERS, W.F. Induction of desiccation tolerance in plant somatic embryos: how exclusive is the protective role of sugars? **Cryobiology**, v.43, p.140-150, 2001.

JUSTO, C.F.; ALVARENGA, A.A.; ALVES, E.; GUIMARÃES, R.M.; STRASSBURG, R.C. Efeito da secagem, do armazenamento e da germinação sobre a micromorfologia de sementes de *Eugenia pyriformis* Camb. **Acta Botânica Brasílica**, v.21, n.3, p.539-551, 2007.

KESARI, V.; RANGAN, L. Coordinated changes in storage proteins during development and germination of elite seeds of *Pongamia pinnata*, a versatile biodiesel legume. **AOB Plants**, v.26, p.1-16, 2011.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983. 174p.

LOPES, J.C.; LIMA, R.V.; MACEDO, C.M.P. Germinação e vigor de sementes de urucu. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p. 19-25, 2008.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biribá, carambola, cereja-do-rio-grande, jabuticaba**. Porto Alegre, Cinco Continentes. 2000, 327p.

MARTINS, C.C.; CAMARA, A.T.R.; MACHADO, C.G.; NAKAGAWA, J. Métodos de superação de dormência de sementes de Barbatimão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, n.3, p.381-385, 2008.

MATA, M.F.; SILVA, K.B.; BRUNO, R.L.A.; FELIZ, L.P.; MEDEIROS FILHO, S.; ALVES, E.U. Maturação fisiológica de sementes de ingazeiro (*Inga striata*) Benth. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.2, p.549-566, 2013.

MEDEIROS, M.A.; GRANGEIRO, L.C.; TORRES, S.B.; FREITAS, A.V.L. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.3, p.17-24, 2010.

NAKADA, P.G.; OLIVEIRA, J.A.; MELO, L.C.; GOMES, L.A.A.; PINHO, E.V.R.V. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 113-122, 2011.

NEGREIROS, J.R.S.; WAGNER JÚNIOR, A.; ÁLVARES, V.S.; SILVA, J.O.C.; NUNES, E.S.; ALEXANDRE, R.S.; PIMENTEL, L.D.; BRUCKNER, C.H. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.21-24, 2006.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.56-69, 2000.

PAVITHRA, H.R.; GOWDA, B.; SHIVANNA, M.B. Biochemical changes in the composition of developing seeds of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. **Industrial Crops and Products**, v.53, p.199-208, 2014.

PINOL, M.T.; PALAZÓN, J. **Fisiologia y bioquímica vegetal**. 1ed. Madrid: McGraw Hill, 1993, 581p.

PLAGEMANN, I.; KRINGS, I.; BERGER, R.G.; MARÓSTICA JÚNIOR, M.R. Volatile constituents of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) O. Berg) fruits. **Journal of Essential Oil Research**, v. 24, p. 45-51, 2012.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PUKACKA, S.; RATAJCZAK, E.; KALEMBA, E. Non reducing sugar levels in beech (*Fagus sylvatica*) seeds as related to with standing desiccation and storage. **Journal of Plant Physiology**, v.166, p.1381-1390, 2009.

QUEIROZ, L.A.F.; PINHO, E.V.R.V.; OLIVEIRA, J.A.; FERREIRA, V.F.; CARVALHO, B.O.; BUENO, A.C.R. Época de colheita e secagem na qualidade de sementes de pimenta Habanero Yellow. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.3, p.472-481, 2011.

REYNERTSON, K.A.; YANG, H.; JIANG, B.; BARSILE, M.J.; KENNELLY, E.J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, v.109, p.883-890, 2008.

RICCI, N.; PACHECO, A.C.; CONDE, A.S.; CUSTÓDIO, C.C. Qualidade de sementes de pimenta jalapenho em função da maturação e tempo de permanência nos frutos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.2, p.123-129, 2013.

ROBERTS, E.H.; KING, M.W. The characteristics of recalcitrant seeds. In: CHIN, H.F.; ROBERTS, E.H. **Recalcitrant crop seeds**. Kuala Lumpur: Tropical Press, 1980. p.1-5.

SALLA, V.P.; DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; DONAZZOLO, J.; GIL, B.V. Análise de trilha em caracteres de frutos de jabuticabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.3, p.218-223, 2015.

SANTOS-MENDOZA, M.; DUBREUCQ, B.; BAUD, S.; PARCY, F.; CABOCHE, M.; LEPINIEC, L. Deciphering gene regulatory networks that control seed development and maturation in Arabidopsis. **The Plant Journal**, v.54, p.608–620, 2008.

SCHULZ, D.G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M.M.; MALAVASI, U.C. Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Floresta e Ambiente**, v.21, n.1, p.45-51, 2014.

SCHWEMBER, A.R.; BRADFORD, K.J. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.4423–4436, 2010.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. I quantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, n.1, p.63-68, 1959.

TEAM, R.C. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 2 fev. 2018.

TEIXEIRA, L.N.; STRINGHETA, P.C.; OLIVEIRA, F.A. Comparação de métodos para quantificação de antocianinas. **Revista Ceres**, v.55, n.4, p.297-304, 2008.

VIDIGAL, D.S.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S.; DEDO, F.L. Changes in seed quality during fruit maturation of sweet pepper. **Scientia Agricola**, v.68, n.5, p.535-539, 2011.

VIDIGAL, D.S.; LIMA, J.S.; BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.168-174, 2008.

WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, J.O.C.; PIMENTEL, L.D.; SANTOS, C.E.M.; BRUCKNER, C.H. Germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies de jaboticabeira em função do tamanho de sementes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.105-109, 2011.

WANG, W.; DE-DIOS-ALCHE, J.; CASTRO, A.J.; RODRIGUEZ-GARCIA, M.I.; Characterization of seed storage proteins and their synthesis during seed development in *Olea europaea*. **International Journal Development Biology**, v.45, p.63-64, 2001.

4.0 CAPÍTULO 2 – PADRÃO FÍSICO-QUÍMICO DA EMBEBIÇÃO DE SEMENTES DE JABUTICABA

4.1 INTRODUÇÃO

A jabuticabeira é uma espécie frutífera originária do Brasil, sendo encontrada em todo o território nacional, com os frutos apresentando boas características organolépticas e alto valor nutritivo (CITADIN et al., 2010). Dentre as espécies conhecidas dessa frutífera destacam-se a *Plinia cauliflora* (DC) O. Berg (jabuticaba paulista) e a *Plinia jaboticaba* (Vell) Berg (jabuticaba sabará), que produzem frutos apropriados tanto para o consumo *in natura* quanto para a industrialização (DUARTE et al., 1996; DONADIO, 2000). Porém, mesmo com esse elevado potencial de comercialização, o cultivo em escala comercial dessa frutífera é considerado pouco explorado e limitado a determinadas regiões, sendo cultivada em propriedades rurais como chácaras, sítios ou fazendas, em pomares, de forma peculiar (SATO; CUNHA, 2007; CITADIN et al., 2010).

A propagação sexuada é o principal método de propagação da jabuticabeira, devido à dificuldade de enraizamento adventício que ela apresenta (MANICA, 2000). A propagação sexuada pode ser afetada por vários fatores internos e externos (MARTINS et al., 2008) como viabilidade, maturidade fisiológica, disponibilidade de água na semente e no substrato, luz, gases e temperatura (WAGNER JÚNIOR et al., 2011).

A água é um dos fatores ambientais que mais influenciam na germinação, visto que a reidratação dos tecidos acelera as atividades metabólicas, com consequente fornecimento de energia e nutrientes, que serão utilizados na retomada de crescimento do eixo embrionário, além do seu envolvimento em todas as outras fases subsequentes do metabolismo da planta (STEFANELLO et al., 2006; REGO et al., 2011). Além da água, várias substâncias desempenham função fundamental para que ocorram os processos de embebição, germinação e crescimento do embrião. No processo de formação das sementes ocorre o acúmulo de várias substâncias, como açúcares (sacarose, frutose e glicose), compostos nitrogenados (aminoácidos e amidas) e lipídios. Essas substâncias de reserva das sementes são acumuladas para o fornecimento de energia e de compostos para o processo de germinação (GUIMARÃES, 1999).

Durante a germinação vários eventos ocorrem para consolidar o crescimento do embrião e a emissão das estruturas para a formação completa da plântula, como ativação da respiração (BEWLEY; BLACK, 1994), reparo de macromoléculas (OSBORNE, 1993), mobilização de reservas (GALLARDO et al., 2001) e reinício do ciclo celular

(CASTRO et al., 1995; VÁSQUEZ-RAMOS; SÁNCHEZ, 2004). Praticamente todos os mecanismos associados ao início e à continuidade do processo germinativo estão associados ao teor de água nas células e tecidos da semente. Nesse sentido, para que uma semente conclua sua germinação, é necessário que alcance o teor de água suficiente para que ocorra a ativação das reações químicas do metabolismo, para que ocorra a expansão radicular (SCHWEMBER; BRADFORD, 2010).

A embebição de água pela semente promove várias mudanças fisiológicas e metabólicas, que resultam na protrusão da raiz primária (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). O processo de embebição proposto por Bewley e Black (1994) segue um padrão trifásico em que, a fase inicial (fase I) constitui-se em um fenômeno essencialmente físico e rápido, conhecida como embebição, que é a reidratação dos tecidos, devido à diferença de potencial hídrico entre a semente e o meio, com intensificação dos processos metabólicos; na fase II ocorrem várias atividades metabólicas e os compostos de reservas das sementes são convertidos em compostos mais simples e ocorre o transporte das substâncias quebradas do tecido de reserva para o meristemático e na fase III, as substâncias são reorganizadas para a formação da parede celular, dando sequência ao crescimento do eixo embrionário e culminando com a protrusão da raiz primária. Assim, durante o processo de embebição são ativados os processos metabólicos necessários para a retomada do crescimento do embrião e o término do processo germinativo (DANTAS et al., 2008).

A curva de embebição apresenta grande importância relacionada à elucidação do processo germinativo e à determinação da duração de tratamentos, como os de pré-hidratação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), assim como a padronização para a realização de testes de vigor, contribuindo de forma significativa com os de propagação da jabuticabeira. Dessa forma, o estudo da curva de embebição de água em sementes de jabuticaba, caracterizando o padrão físico-químico da embebição e as alterações bioquímicas contribuirão na caracterização do processo germinativo, auxiliando na padronização de outros testes para a espécie. Objetivou-se caracterizar a curva de embebição de água em sementes de jabuticaba e determinar as alterações bioquímicas que ocorrem nas sementes durante a embebição.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Frutos maduros de jabuticaba foram colhidos em um pomar no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Alegre, sul do Espírito Santo, nas coordenadas 20° 45' 50" S e

41° 27' 25" W. Foram utilizadas 13 plantas adultas de jabuticabeira (*Plinia cauliflora* (Mart.) O. Berg), com aproximadamente 20 anos de idade. A colheita foi realizada nos meses de junho e julho de 2017, em ramos dispostos radialmente na porção mediana da copa e os frutos foram colhidos em estágio de maturação completa.

Para a extração e o beneficiamento das sementes, os frutos foram pressionados contra uma superfície plana e firme de uma bancada e a polpa removida com a técnica da cal extinta, por meio de fricção em peneira de malhas finas, acrescentando cal virgem. Após a remoção da mucilagem, as sementes foram lavadas em água corrente e permaneceram durante 12 horas sobre papel germitest, a sombra, nas condições de laboratório, para retirada do excesso de umidade. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES).

O conteúdo inicial de umidade das sementes foi obtido por quatro repetições de 15 sementes submetidas à estufa a 105 °C durante 24 horas (BRASIL, 2009). Para a determinação da curva de embebição, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes para cada tempo de embebição. Antes de iniciar a embebição, as sementes foram pesadas em balança analítica digital com precisão de 0,0001g. A embebição foi realizada em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada e mantidos em câmara de germinação a 25 °C, sob luz constante. As sementes foram pesadas antes do início da embebição (tempo zero) e posteriormente, a intervalos de tempo de acordo com o ganho de água (0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 24; 48; 72; 96; 120; 144; 168; 192; 216; 240; 264; 288 e 312 horas), considerando o tempo após a protrusão da raiz primária. A protrusão da raiz primária de 50% das sementes determinou a mudança para a fase III.

Calculou-se a porcentagem de ganho de peso (base úmida) em função do tempo de acordo com a equação, segundo Rego et al. (2014):

$$GP = ((Pf - Pi)/Pi) \times 100$$

Em que: GP: ganho de peso; Pf: peso final (ganho de umidade a cada período de embebição); Pi: peso inicial.

Após a obtenção da curva de embebição foram selecionados seis pontos para determinar a composição bioquímica, sendo: 0; 2; 8; 48; 168 e 264 horas.

Para o estudo das alterações bioquímicas das sementes foi realizado um procedimento adaptado do método de Bligh e Dyer (1959), com separação dos compostos solúveis pela característica de sua natureza hidrofílica ou hidrofóbica; os

lipídios totais foram determinados pelo método gravimétrico; os carboidratos totais pelo método de Hodge e Hofreiter (1962); as proteínas totais pelo método de Bradford (1976); o amido foi determinado primeiramente pelo processo de hidrólise ácida do amido das amostras em mono, di e oligossacarídeos que, posteriormente, foram submetidos à reação com Antrona (HODGE; HOFREITER, 1962); os fenóis totais foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (SWAIN; HILLIS, 1959); as fibras foram determinadas do pellet restante da extração do amido pela secagem em estufa de circulação forçada à temperatura de 60 °C até a obtenção de peso constante (48 horas).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes para a análise da curva de embebição das sementes de jabuticaba e três repetições de 25 sementes em duplicatas para as análises bioquímicas. Os dados foram submetidos à análise de variância e realizada a análise de regressão, em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software R (TEAM, 2018).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água inicial das sementes de jabuticaba foi de aproximadamente 42%. A curva de embebição das sementes de jabuticaba não se ajustou ao modelo trifásico (Figura 1), conforme proposto por Bewley e Black (1994).

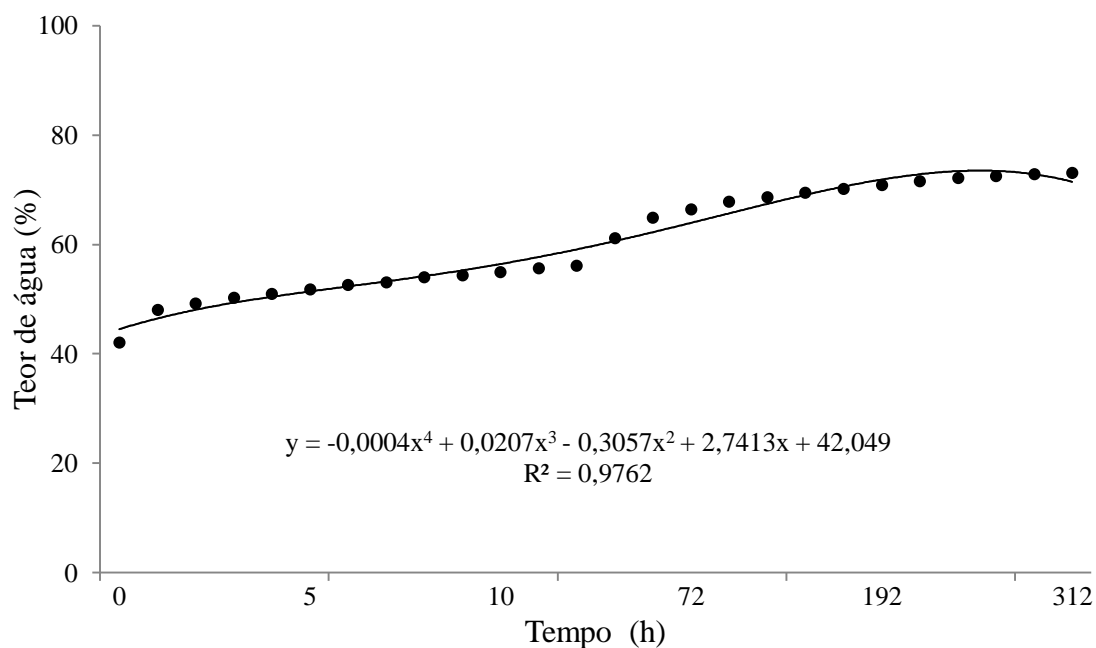


Figura 1. Curva de embebição de sementes de jabuticaba.

As primeiras manifestações do processo de embebição ocorreram na primeira hora após a instalação do teste, caracterizadas pelo intumescimento das sementes, observando um pequeno aumento no tamanho. Entre zero e uma hora observou-se uma taxa de absorção de água de 6,03%, quando as sementes atingiram 48,03% de água, sendo esta a maior taxa de absorção observada em todo período de embebição estudado. A água é fundamental para que ocorra o processo de germinação e, dentro de determinadas quantidades, quanto maior a sua disponibilidade para as sementes mais rápido será o processo de embebição (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Entre uma e duas horas as sementes apresentaram uma taxa de absorção de água de 3,61% e, após duas horas até 12 horas de embebição observou-se incrementos de 1,17 a 3,61% hora⁻¹, obtendo-se nesse intervalo uma taxa média de absorção de água de 1,86% hora⁻¹, com as sementes atingindo 56,04% de água, após esse período.

Observou-se, inicialmente no processo de embebição, a hidratação da semente, em que ocorrem mudanças estruturais, como reparação de membranas e do DNA, aumento da respiração (BEWLEY; BLACK, 1994), liberação de energia do metabolismo e ativação de enzimas (MARCOS FILHO, 2015). O aumento de umidade observado nas duas horas iniciais da curva de embebição possivelmente ocorre em função da presença de matrizes hidrofílicas, como proteínas (SEIFFERT, 2003).

Com 24 horas ocorreu a protrusão da raiz primária de algumas sementes e, apenas em 120 horas observou-se pelo menos 50% das sementes com essa protrusão. Entre 12 e 24; 24 e 48 horas também se observou a retomada na absorção de água pelas sementes, obtendo-se taxas de absorção de 5,03 e 3,80%, respectivamente. A absorção ativa de água, retomada do crescimento da raiz primária e os processos de alongação e divisão celular são observados na curva de embebição de sementes (BEWLEY; BLACK, 1994).

Na fase de embebição observou-se que a absorção de água ocorreu lentamente, fator que está associado ao alto teor de água nas sementes no início do processo (42%), o que determina uma pressão hidrostática, que é exercida do interior das células saturadas para o exterior em função do nível de água nestas células (POPINIGIS, 1985), e este alto teor de água é uma característica das sementes recalcitrantes, que não pode ser reduzido (ROBERTS; KING, 1980; PAMMENTER; BERJAK, 2000; FARIA et al., 2004). Após 24 e 120 horas de embebição houve aumentos de 19,06 e 26,57% de água nas sementes, pontos em que ocorreu protrusão da raiz primária, com taxa de absorção de 0,79 e 0,22% hora⁻¹, respectivamente.

Os maiores valores de lipídios e carboidratos nas sementes (Tabela 1) foram observados antes do início da embebição (no tempo zero), que posteriormente apresentaram redução, em função do tempo de embebição.

Tabela 1. Teor de lipídios, carboidratos totais, amido, proteínas totais, fenóis totais e fibras em sementes de jabuticaba em função do tempo de embebição.

	Tempo de embebição (h)					
	0	2	8	48	168	264
Lipídios (%)	12,27a	10,80b	10,07bc	9,93bc	9,53c	7,87d
Carboidratos totais (mg g ⁻¹ MS)	289,27a	172,61d	248,45b	214,09c	171,42d	109,93e
Amido (mg g ⁻¹ MS)	243,33a	186,50b	120,87c	83,89d	71,45de	62,49e
Proteínas totais (mg g ⁻¹ MS)	8,10c	9,50c	15,42b	16,79b	20,87a	21,93a
Fenóis totais (mg g ⁻¹ MS)	28,84b	29,38b	29,92b	31,84ab	34,60a	35,02a
Fibras (%)	12,27abc	12,67ab	12,97a	12,07bc	11,53c	11,77c

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

A redução do teor de lipídios nas sementes pode ocorrer em função da sua utilização para os constituintes celulares e para o fornecimento de energia. Os lipídios são armazenados nos tecidos de reserva durante a maturação fisiológica das sementes (VALLILO et al., 2007) e, posteriormente são hidrolisados na fase de germinação, ocorrendo a liberação de ácidos graxos, que, posteriormente são quebrados e liberam energia para a plântula (HITCHOCK; NICHOLS, 1971). Os lipídios sofrem hidrólise, por ação das enzimas lipases, fornecendo energia e sendo utilizados na formação de paredes celulares e protoplasma durante a germinação (MARCOS FILHO, 2015), além de serem importantes para o desenvolvimento da plântula (BUCKERIDGE et al., 2004).

A redução dos teores de carboidratos dos tecidos de reserva nas sementes durante a embebição pode ser decorrente da metabolização e mobilização da glicose pelas enzimas amilases, maltases, fosforilases e glucosidases e, posteriormente, a glicose pode ser utilizada como forma de energia, ser direcionada ao eixo embrionário na forma de sacarose (GUIMARÃES, 1999) ou convertida em ATPs, que serão utilizados como

fonte de energia e na formação de paredes celulares e protoplasma (MARCOS FILHO, 2015).

Os teores de amido e fibras nas sementes (Tabela 1) diminuíram com o tempo de embebição, com maior valor observado em zero horas para o teor de amido e entre zero e oito horas após o início da embebição para fibras. A redução do teor de amido está relacionada ao fato de o amido fornecer glicose para utilização na respiração como fonte de energia e para compor estruturas físicas no crescimento do embrião durante a germinação (MAGALHÃES et al., 2010), visto que a protrusão da raiz primária iniciou após 24 horas após da embebição.

O teor de proteínas totais (Tabela 1) aumentou em resposta ao avanço da embebição das sementes devido, possivelmente, à ativação enzimática que ocorre nesse período. Inicialmente há aumento de proteínas subcelulares e da atividade respiratória e, com isso, ocorre quebra dos açúcares para produção de energia, como o ATP (BEWLEY; BLACK, 1994). No entanto, concomitante ao aumento do teor de proteínas, ocorreu redução dos teores de amido e de carboidratos totais nas sementes. As proteínas acumuladas nas sementes nas fases iniciais da germinação serão, posteriormente, utilizadas como fonte de nitrogênio para a síntese de novas proteínas (BECKERT et al., 2000; LIMA et al., 2008). E, esse aumento do teor de proteínas totais pode ser em função da indução da biossíntese de enzimas hidrolíticas (PONTES et al., 2002), enquanto a redução ocorreria em função da metabolização durante o processo de germinação (DANTAS et al., 2008).

O teor de fenóis totais (Tabela 1) apresentou menores valores no início do processo de embebição e posterior aumento. A redução nos teores de fenóis totais auxilia no processo de embebição tanto na respiração quanto na protrusão da raiz primária. Compostos fenólicos presentes no tegumento das sementes controlam a entrada de oxigênio para o seu interior, devido à fixação desses fenóis ao oxigênio que a semente está absorvendo. Entretanto, podem atuar como inibidores da germinação (DIETRICH, 1986). Portanto, a redução do teor de fenóis observada nas fases iniciais da embebição pode ser indispensável ao processo germinativo das sementes de jabuticaba.

4.4 CONCLUSÕES

- A curva de embebição não segue o modelo trifásico de absorção de água;
- Em sementes de jabuticaba há redução nas reservas de carboidratos, amidos e lipídios e aumento das proteínas durante a embebição.

4.5 REFERÊNCIAS

BECKERT, O.P.; MIGUEL, M.H.; MARCOS FILHO, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Scientia Agrícola**, v.57, n.4, p.671-675, 2000.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BLIGH, E.G., DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.

BRADFORD, M.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.

BUCKERIDGE, M.S.; SANTOS, H.P.; TINÉ, M.A.S.; AIDAR, M.P.M. Mobilização de reservas. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.163-185.

CARVALHO, M.N.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.

CASTRO, R. D.; ZHENG, X.; BERGERVOET, J.H.W.; DE VOS, C.H.R.; BINO, R.J. α -Tubulin accumulation and DNA replication in imbibing tomato seeds. **Plant Physiology**, v.109, p.499-504, 1995.

CITADIN, I.; DANNER, M.A.; SASSO, S.A.Z. Jaboticabeiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.343-656, 2010.

DANTAS, B.F.; CORREIA, J.S.; MARINHO, L.B.; ARAGÃO, C.A. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.221-227, 2008.

DIETRICH, S.M.C. Inibidores de crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.) **Fisiologia Vegetal**, 2ed., São Paulo: EPU, v.2, 1986. p.193-212.

DONADIO, L.C. **Jaboticaba** (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg). Jaboticabal: Funep, 2000. (Série Frutas nativas, 3). 55p.

DUARTE, O.; LUDDERS, P.; HUETE, M. Extending storage life of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) fruits. 14 Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1996, Curitiba, PR, **Resumos...**, Curitiba-PR:SBF, p. 556, 1996.

FARIA, J.M.R.; LAMMEREN, A.A.M.; HILHORST, H.W.M. Desiccation sensitivity and cell cycle aspects in seeds of *Inga vera* subsp. affinis. **Seed Science Research**, v.14, n.2, p.165-178, 2004.

GALLARDO, K.; JOB, C.; GROOT, S.P.C.; PUYPE, M.; DEMOL, H.; VANDEKERCKHOVE, J.; JOB, D. Proteomic analysis of Arabidopsis seed germination and priming. **Plant Physiology**, v.126, p.835-848, 2001.

GUIMARÃES, R.M. **Fisiologia de sementes** - produção e tecnologia de sementes. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 129p.

HITCHOCK, C.; NICHOLS, W. **Plant lipid biochemistry**. London: Academic Press, 1971. 387p.

HODGE, J.E.; HOFREITER, B.T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J.E.; WOLFROM, M.L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press, v.1, 1962. p.380-394.

LIMA, R.B.S.; GONÇALVES, J.F.C.; PANDO, S.C.; FERNANDES, A.V.; SANTOS, A.L.W. Primary metabolite mobilization during germination in rosewood (*Aniba rosaeodora* Ducke) seeds. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.19-25, 2008.

MAGALHÃES, S.R.; BORGES, E.E.L.; BERGER, A.P.A. Mobilização de reservas no eixo embrionário e nos cotilédones de sementes de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake durante a germinação. **Ciência Florestal**, v.20, n.4, p.589-595, 2010.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 1: técnicas de produção e mercado: abiu, amora-preta, araçá, bacuri, biribá, carambola, cereja-do-rio-grande, jabuticaba.** Porto Alegre, Cinco Continentes. 2000, 327p.

MARTINS, C.C.; CAMARA, A.T.R.; MACHADO, C.G.; NAKAGAWA, J. Métodos de superação de dormência de sementes de Barbatimão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, n.3, p.381-385, 2008.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

OSBORNE, D.J. Function of DNA synthesis and DNA repair in the survival of embryos during early germination and in dormancy. **Seed Science Research**, v.3, p.43-53, 1993.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Aspects of recalcitrant seed physiology. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.56-69, 2000.

PONTES, C.A.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; SOARES, C.P.B. Mobilização de reserva em sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (garapa) durante a embebição. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.593-601, 2002.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

REGO, C.H.Q.; OLIVEIRA, N.C.; LOURENÇO, F.M.S.; SILVA, J.B.; ALVES, C.Z. Teste de embebição em água para sementes de soja. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n.2, p.178-185, 2014.

REGO, S.S.; FERREIRA, M.M.; NOGUEIRA, A.C.; GROSSI, F.; SOUSA, R.K.; BRONDANI, G.E.; ARAUJO, M.A.; SILVA, A.L.L. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v.2, n.4, p.37-42, 2011.

ROBERTS, E.H.; KING, M.W. The characteristics of recalcitrant seeds. In: CHIN, H.F.; ROBERTS, E.H. **Recalcitrant crop seeds**. Kuala Lumpur: Tropical Press, 1980. p.1-5.

SATO, A.C.K.; CUNHA, R.L. Influência da temperatura no comportamento reológico da polpa de jabuticaba. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.4, p.890-896, 2007.

SCHWEMBER, A.R.; BRADFORD, K.J. A genetic locus and gene expression patterns associated with the priming effect on lettuce seed germination at elevated temperatures. **Plant Molecular Biology**, v.73, p.105-118, 2010.

SEIFFERT, M. **Alguns aspectos fisiológicos e bioquímicos da germinação de sementes e anatomia foliar de *Protium widgrenii* Engler**. 2003. 81f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I quantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, n.1, p.63-68, 1959.

STEFANELLO, R.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L.; MUNIZ, M.F.B.; WRASSE, C.F. Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p.135-141, 2006.

TEAM, R.C. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 6 ago. 2018.

VALLILO, M.I.; CARUSO, M.F.S.; TAKEMOTO, E.; PIMENTEL, S. Caracterização química e físico-química do óleo das sementes de *Platymiscium floribundum* Vog. (Sacambu), colhidas na fase de desenvolvimento e na época de maturação fisiológica. **Revista do Instituto Florestal**, v.19, n.2, p.73-80, 2007.

VÁZQUEZ-RAMOS, J.M.; SÁNCHEZ, M.D.L.P. The cell cycle and seed germination. **Seed Science Research**, v.13, p.113-130, 2004.

WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, J.O.C.; PIMENTEL, L.D.; SANTOS, C.E.M.; BRUCKNER, C.H. Germinação e desenvolvimento inicial de duas espécies de jabuticabeira em função do tamanho de sementes. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33, n.1, p.105-109, 2011.

5.0 CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FISIOLÓGICA E CONSTITUIÇÃO BIOQUÍMICA DE SEMENTES DE JABUTICABA SOB ARMAZENAMENTO

5.1 INTRODUÇÃO

As Myrtaceae são de uma família botânica com ampla distribuição mundial, possuem o centro de diversidade na América do Sul e são encontradas, principalmente, nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (GRESSLER et al., 2006). No Brasil são encontrados cerca de 130 gêneros e 5.671 espécies (LOURENÇO; BARBOSA, 2012).

A jabuticabeira é originária do Centro-Oeste/Sul/Sudeste do Brasil e pertence à família Myrtaceae. São nove espécies dessa frutífera conhecidas, com destaque para três: *Plinia trunciflora* Berg (jabuticaba de cabinho), *P. cauliflora* (DC) Berg (jabuticaba paulista ou jabuticaba-açu) e *P. jaboricaba* (Vell.) Berg (jabuticaba Sabará) (MATTOS, 1983; DANNER et al., 2011b).

A principal forma de propagação da jabuticabeira é via seminífera e as sementes são classificadas como recalcitrantes, o que inviabiliza a sua conservação por métodos convencionais de armazenamento (FARRANT et al., 1988), ou seja, sob baixa umidade e temperatura por longos períodos. As sementes recalcitrantes, conforme proposto por

Roberts (1973), são aquelas que apresentam intolerância à dessecação, curta longevidade e intolerância às baixas temperaturas.

As sementes recalcitrantes apresentam teores de água definidos como críticos, abaixo dos quais apresentam redução na viabilidade. A perda de água pode ocasionar alteração dos sistemas metabólicos e de membranas, resultando na deterioração das sementes (FARRANT et al., 1988). A recalcitrância é observada em sementes como alterações na composição lipídica-proteica das membranas com perda de suas estruturas e funções quando ocorre redução do teor de água (BERJAK; PAMMENTER, 2008). A dessecação interrompe o sistema metabólico da semente, estimulando a formação de espécies reativas de oxigênio (ROS - Reactive Oxygen Species) com efeitos deletérios para as sementes, resultando na perda de vigor e viabilidade durante o armazenamento (BAILLY, 2004; LI et al., 2010).

A semente desempenha um papel muito importante na obtenção de rendimento e produtividade para qualquer cultura. A semente perde qualidade fisiológica durante o período que permanece armazenada e, para garantir a manutenção da qualidade, pode-se utilizar condições controladas de armazenamento visando reduzir a deterioração (JACOB et al., 2016). A deterioração das sementes durante o período de armazenamento é preocupante visto que as sementes envelhecidas apresentam menor emergência, baixo rendimento e perdas econômicas (PASQUINI et al., 2012).

A qualidade fisiológica das sementes pode variar de acordo com as espécies em função das condições de armazenamento, e a temperatura deve ser adequada para evitar a sua degradação (DOOLEY et al., 2013). Como as sementes de jabuticaba são classificadas como recalcitrantes e se deterioram rapidamente, é necessário realizar estudos com métodos adequados de armazenamento visando utilizar baixas temperaturas e manter a umidade em níveis adequados. Objetivou-se estudar a qualidade fisiológica e a constituição bioquímica de sementes de jabuticaba em diferentes temperaturas e tempo de armazenamento.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados frutos maduros de jabuticaba (*Plinia cauliflora* (Mart.) O. Berg), colhidos nos meses de setembro e outubro de 2016, no estágio de maturação completa coloração preto-arroxeadada, em um pomar no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Alegre, Sul do Espírito Santo, nas coordenadas 20° 45' 50" S e 41° 27' 25" W. Foram utilizadas 13 plantas adultas. O experimento foi conduzido no Laboratório de

Análise de Sementes e de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES).

Os frutos foram pressionados contra uma superfície plana e firme de uma bancada e a polpa removida com a técnica da cal extinta. As sementes permaneceram durante 12 horas, a sombra, para retirada do excesso de umidade e foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes de 0,10 mm e armazenadas sob temperaturas de 6 e 25 °C, por 18 dias.

Para o estudo da qualidade fisiológica e alterações bioquímicas das sementes foram analisados: **teor de água da semente (%)** - foi determinado de acordo com Brasil (2009) utilizando-se quatro repetições de 15 sementes; **germinação (%)** - foi conduzida com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, semeadas em rolos de papel tipo germitest, umedecido com água destilada na proporção de três vezes a massa do papel seco, mantidos em câmara de germinação regulada à temperatura constante de 25 °C, sob luz constante, durante 35 dias; **primeira contagem de germinação (PCG - %)** - consistiu no registro da porcentagem de sementes com protrusão de raiz primária após dez dias da semeadura; **índice de velocidade de germinação (IVG)** - determinado concomitante com o teste de germinação pela protrusão da raiz primária (≥ 2 mm), de acordo com Maguire (1962); **tempo médio de germinação (TMG - dias)** - foi calculado de acordo com Labouriau (1983); **porcentagem de sementes viáveis (%)** - realizada de acordo com Brasil (2009), para determinar a viabilidade das sementes que não germinaram ao final do teste de germinação, utilizando-se uma solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, na concentração de 1%; **porcentagem de plântulas normais (%)** - feita de acordo com Brasil (2009), no final do teste de germinação; **porcentagem de poliembrionia (%)** - consistiu na razão do número de sementes que deram origem a mais de uma plântula pelo número de sementes que originaram plântulas; **comprimento da parte aérea e de raiz (cm)** - foram determinados no final do teste de germinação (BRASIL, 2009); **teste de sanidade** - realizado no final do teste de germinação para detecção e identificação dos patógenos associados às sementes e o resultado foi expresso em porcentagem (BRASIL, 2009); **massa fresca e seca das plântulas (g)** - foram determinadas no final do teste de germinação, em balança analítica (0,0001 g). Após a obtenção da massa fresca, as plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo Kraft, mantidas em estufa e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 70 °C, por 72 horas; **caracterização bioquímica** - procedimento adaptado do método de Bligh e Dyer

(1959), com separação dos compostos solúveis pela característica de sua natureza hidrofílica ou hidrofóbica; os lipídios totais foram determinados pelo método gravimétrico; os carboidratos totais pelo método de Hodge e Hofreiter (1962); as proteínas totais pelo método de Bradford (1976); o amido foi determinado primeiramente pelo processo de hidrólise ácida do amido das amostras em mono, di e oligossacarídeos que, posteriormente, foram submetidos à reação com Antrona (HODGE; HOFREITER, 1962); as fibras foram determinadas do pellet restante da extração do amido através da secagem em estufa de circulação forçada à temperatura de 60°C até peso constante (48 horas); os fenóis totais foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (SWAIN; HILLIS, 1959); e **condutividade elétrica** ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) – método adaptado da proposta de Vidigal et al. (2008), determinando-se a condutividade elétrica em condutímetro modelo EC-1382, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para a análise da qualidade fisiológica e três repetições de 25 sementes em duplicatas para as análises bioquímicas, em esquema de parcelas subdivididas. Na parcela analisaram-se duas temperaturas de armazenamento (6 e 25 °C) e nas subparcelas sete tempos de armazenamento (0; 3; 6; 9; 12; 15 e 18 dias).

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi realizada utilizando-se o teste F, em nível de 5% de probabilidade para os fatores qualitativos e para os fatores quantitativos foi realizada a análise de regressão, com auxílio do software R. A seguir, foi estimada a matriz de coeficientes de correlação linear de Pearson (r) entre as características analisadas e a significância do r foi verificada pelo teste t de Student em nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software R (TEAM, 2018).

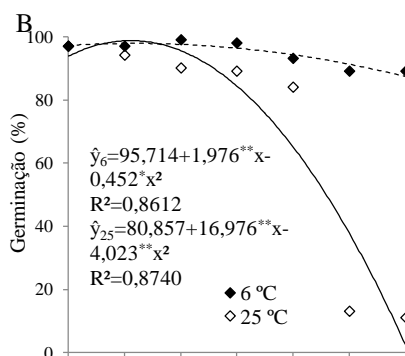
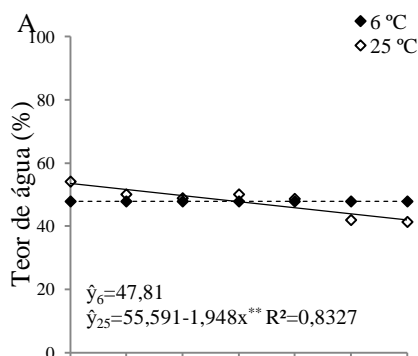
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes de jabuticaba foi monitorado durante o armazenamento nas duas temperaturas estudadas, com valores variando entre 41,26 e 54,08%. Verificou-se que o teor de água das sementes decresceu linearmente em resposta ao armazenamento na temperatura de 25 °C e valor médio de 47,81% para a temperatura de 6 °C, mas não apresentaram grandes oscilações em relação ao teor inicial (Tabela 1, Figura 1A).

Tabela 1. Teor de água (TA), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), sementes viáveis (SV), plântulas normais (PN), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR) e fungos (FUN) de sementes de jabuticaba armazenadas à temperatura de 6 e 25 °C.

Temperaturas (°C)	Armazenamento (dias)						
	0	3	6	9	12	15	18
TA (%)							
6	54,00a	47,37b	47,69a	51,29a	46,57a	43,70a	44,00a
25	54,08a	50,02a	48,73a	50,04a	48,65a	41,90a	41,26b
G (%)							
6	97,00a	97,00a	99,00a	98,00a	93,00a	89,00a	89,00a
25	98,00a	94,00a	90,00b	89,00b	84,00b	13,00b	11,00b
IVG							
6	2,26a	2,22a	1,86a	1,84a	1,88a	1,75a	1,58a
25	1,86b	1,70b	1,62b	1,52b	1,28b	1,23b	0,59b
TMG (dias)							
6	12,50b	13,25b	14,75b	15,25b	15,75b	16,25b	17,00b
25	15,25a	16,75a	16,75a	16,75a	17,00a	20,00a	23,50a
SV (%)							
6	100,00a	97,00a	100,00a	98,00a	93,00a	95,00a	88,00a
25	100,00a	100,00a	93,00b	93,00a	87,00b	11,00b	9,00b
PN (%)							
6	82,00a	79,00a	68,00a	78,00a	67,00a	73,00a	53,00a
25	78,00a	78,00a	61,50b	63,00b	50,00b	49,00b	21,00b
CPA (cm)							
6	5,36a	5,13a	5,19a	4,52a	4,16a	3,82a	3,17a
25	4,05b	4,02b	4,34b	4,09b	3,62b	3,17b	2,63b
CR (cm)							
6	6,14a	5,59a	5,00a	4,42a	4,64a	4,02a	2,81b
25	5,70b	5,37a	4,41b	4,41a	4,58a	3,34b	3,60a
FUN (%)							
6	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00b	0,00b
25	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	3,00a	89,00a	90,00a

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



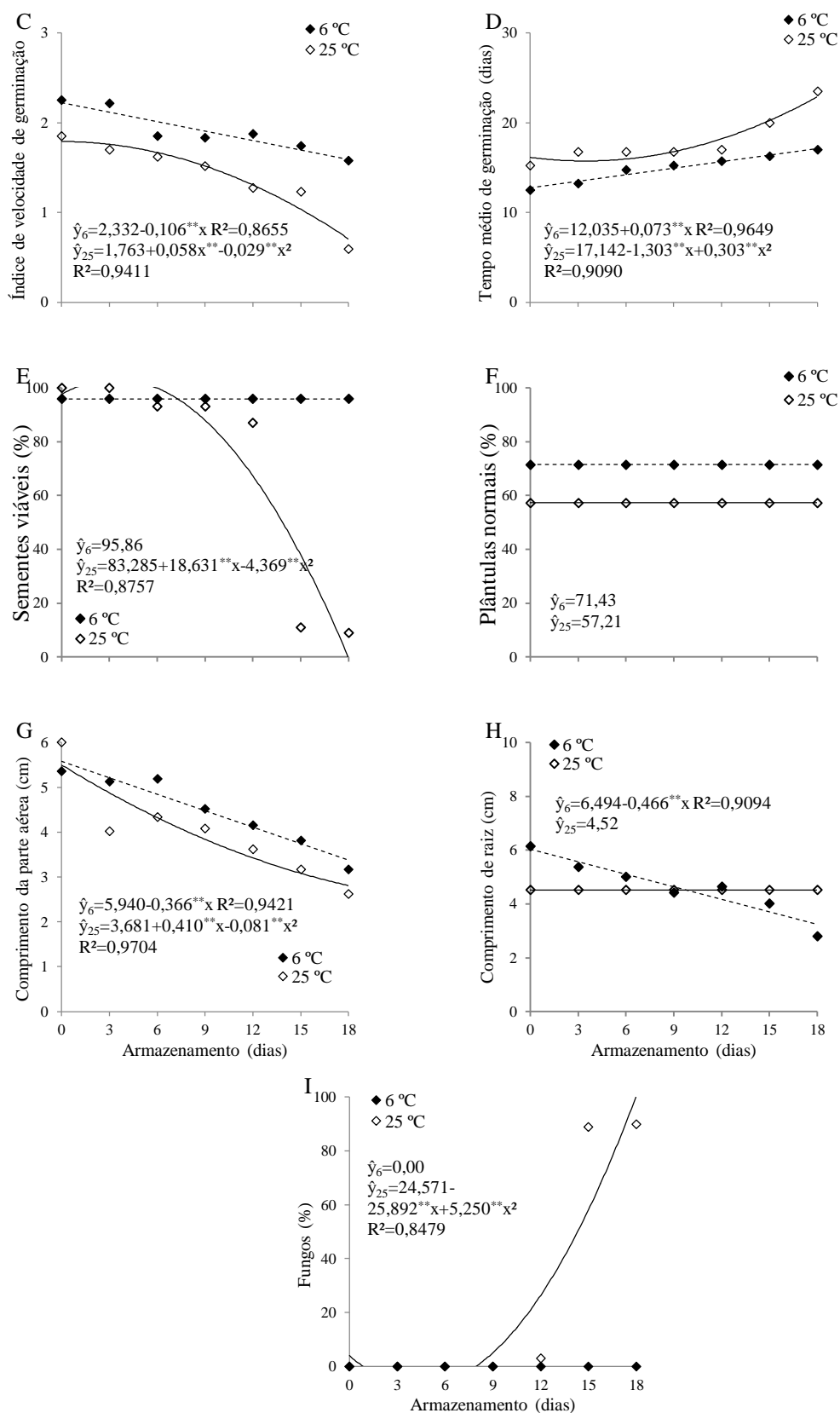


Figura 1. Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação (C), tempo médio de germinação (D), sementes viáveis (E), plântulas normais (F), comprimento da parte aérea (G), comprimento de raiz (H) e fungos (I) em função da temperatura e tempo de armazenamento das sementes de jaboticaba. *, ** Significância

em nível de 5 e 1 %, respectivamente. \hat{y}_6 – equação da temperatura de 6°C; \hat{y}_{25} – equação da temperatura de 25°C.

As sementes de jabuticaba são classificadas como recalcitrantes (FARRANT et al., 1988), devendo, portanto, ser armazenadas com alto teor de água visto que são sensíveis à dessecação, pois os mecanismos que facilitam a tolerância à dessecação estão ausentes nessas sementes (BERJAK; PAMMENTER, 2013).

Esse alto teor de água faz com que as sementes mantenham seu metabolismo ativo (PAMMENTER; BERJAK, 2014), aumentando o processo de deterioração, com prejuízos bioquímicos e fisiológicos nessas sementes, que não apresentam mecanismos de reparo e manutenção ao longo do tempo (DELOUCHE; BASKIN, 1973; BERJAK; PAMMENTER, 2013).

Com relação à temperatura de 25 °C a redução mais drástica da umidade foi observada entre os 12 dias (48,65%) e 15 dias (41,90%) (Tabela 1, Figura 1A). Ao final do período analisado, as sementes sob 6 °C apresentavam maior umidade (44%) com germinação de 89% comparadas àquelas armazenadas sob temperatura de 25 °C, que apresentavam teor de água de 41,26% com 11% de germinação (Tabela 1).

De acordo com a Tabela 1, maiores valores para germinação, porcentagem de sementes viáveis e plântulas normais foram observados nas sementes de jabuticaba na temperatura de 6 °C a partir de seis dias de armazenamento. Analisando a porcentagem de germinação, observa-se na análise de regressão um efeito quadrático negativo para as duas temperatura estudadas, com maiores médias antes do armazenamento (zero dias), com valores de 99 e 97% para as temperaturas de 6 e 25 °C, respectivamente (Figura 1B). A baixa porcentagem de germinação obtida após 15 e 18 dias de armazenamento sob temperatura de 25 °C com valores de 13 e 11%, respectivamente, está associada à deterioração de sementes observada ao longo do período de armazenamento, conforme verificado na Tabela 1 e Figura 1 B.

A porcentagem de germinação diminuiu com o prolongamento do tempo de armazenamento, apresentando menores valores sob temperaturas mais elevadas, principalmente, porque a deterioração é controlada por temperatura e umidade, e está relacionada a várias reações químicas e alterações metabólicas nas sementes (SURKI et al., 2012). Altas temperaturas e umidade durante o armazenamento das sementes aumentam o processo de deterioração (PUKACKA et al., 2009) e, a redução desses fatores pode representar aumento da vida útil das sementes (CASTELLIÓN et al.,

2010), conforme observado no armazenamento das sementes na temperatura de 6 °C neste estudo.

Verificou-se que a porcentagem de sementes viáveis apresentou valor médio de 95,86% na temperatura de 6 °C e decresceu com ajuste ao modelo quadrático na temperatura de 25 °C, com maiores valores observados no tempo inicial (Figura 1E). As sementes de jabuticaba apresentaram maior porcentagem de plântulas normais, com valor de 71,43% sob temperatura de 6 °C e menor valor, de 57,21%, sob temperatura de 25 °C (Figura 1F).

O índice de velocidade de germinação e o comprimento da parte aérea de plântulas foram maiores em todos os tempos de armazenamento na temperatura de 6 °C, enquanto o comprimento de raiz foi maior nas sementes armazenadas na temperatura de 6 °C no tempo inicial e após 6 e 15 dias (Tabela 1). Verificou-se o índice de velocidade de germinação, comprimento da parte aérea e de raiz decresceram linearmente em resposta ao tempo de armazenamento das sementes sob temperatura de 6 °C, com maiores valores observados em sementes não armazenadas (zero dias). Em sementes armazenadas à temperatura de 25 °C observou-se que o índice de velocidade de germinação e o comprimento da parte aérea diminuíram com o tempo de armazenamento das sementes, com ajuste ao modelo quadrático, com maiores valores também observados no tempo inicial de armazenamento (zero dias) (Figura 1C e G). O comprimento de raiz apresentou decréscimo linear em função do tempo de armazenamento para a temperatura de 6 ° e valor médio de 4,52 cm sob temperatura de 25 °C (Figura 1H).

O tempo médio de germinação foi maior na temperatura de 25 °C comparado a 6 °C em todos os tempos de armazenamento das sementes de jabuticaba (Tabela 1). O tempo médio de germinação aumentou linearmente em resposta ao tempo de armazenamento das sementes sob temperatura de 6 °C, enquanto, sob temperatura de 25 °C apresentou um aumento quadrático (Figura 1D).

Considerando nas análises a redução da porcentagem de germinação, do índice de velocidade de germinação, da porcentagem de sementes viáveis, das plântulas normais, do comprimento da parte aérea e da raiz; o aumento do tempo médio de germinação; e o incremento da deterioração ao longo do período de armazenamento, os dados evidenciam uma redução no vigor das sementes durante esse período, sendo mais acentuado naquelas sementes armazenadas sob temperatura de 25 °C.

Trabalho de Balesevic-Tubic et al. (2007) constatou redução no vigor de sementes envelhecidas naturalmente comparadas com sementes frescas, o que também foi observado neste trabalho, visto que sementes recém-colhidas apresentaram melhor desempenho em todas as características, para as duas temperaturas estudadas.

Com base nos resultados deste estudo, pode-se afirmar que, embora a taxa de deterioração dependa da qualidade fisiológica inicial das sementes, pode ser dependente, principalmente, das condições ambientais que as sementes estão submetidas (WALTERS et al., 2010). Sementes armazenadas em temperaturas mais elevadas, como as que foram armazenadas a 25 °C neste trabalho, podem apresentar um processo de deterioração mais intenso devido à peroxidação lipídica, que causa danos ao sistema de membrana celular, reduzindo a viabilidade e o vigor das sementes (SCHWEMBER; BRADFORD, 2010).

A redução da viabilidade e do vigor é considerado natural, sendo causado pelo envelhecimento das sementes. A deterioração é um processo irreversível e inevitável, sendo que a velocidade com que as transformações degenerativas ocorrem está em função das condições a que as sementes foram expostas, tanto antes quanto após a colheita. A taxa de deterioração durante o período de armazenamento das sementes sofre influências do teor de umidade da semente, da umidade relativa do ar e da temperatura (DELOUCHE; BASKIN, 1973; KAPOOR et al., 2011).

Altas temperaturas durante o armazenamento podem proporcionar um aumento das concentrações de peroxidases, prejudicando a estrutura das sementes devido à falta de antioxidantes, com conseqüente redução no vigor das sementes (LIAOTRAKOON et al., 2013). Neste estudo, observou-se uma deterioração mais intensa das sementes armazenadas sob temperatura de 25 °C.

Observou-se menor deterioração nas sementes armazenadas sob temperatura de 6 °C, possivelmente porque nessa condição de armazenamento das sementes ocorreu redução das mudanças nos aspectos biológicos na natureza da semente, devido a uma condição adequada de temperatura. A semente é um organismo vivo e, por isso, pode ocorrer deterioração da qualidade ao longo do tempo (BALESEVIC-TUBIC et al., 2010).

Além das alterações fisiológicas e bioquímicas inerentes ao processo de deterioração das sementes, que podem ser a causa da redução do vigor, somente foi possível observar o aparecimento de fungos pertencentes ao gênero *Aspergillus* spp. na temperatura de 25 °C após 12 dias de armazenamento das sementes (Tabela 1 e Figura 1I), mesmo após a

assepsia com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% por dois minutos e meio para eliminação de microrganismos contaminantes saprofíticos.

O armazenamento em 6 °C levou a uma redução rápida da umidade de 54% para 47,37% em 3 dias e, essa redução no teor de água das sementes, a menor temperatura e o menor extravasamento de substâncias para o meio observado nos valores de condutividade elétrica (Tabela 2 e Figura 2A) podem ter reduzido o crescimento de fungos nas sementes, resultando em uma menor deterioração. Já na temperatura de 25 °C observou-se maiores valores de condutividade elétrica, o teor de água e a temperatura mantiveram-se adequados para o crescimento dos fungos, visto que o armazenamento de sementes com alto teor de água, em maiores temperaturas, constitui um meio adequado para a proliferação de fungos nas sementes (BERJAK; PAMMENTER, 2013), culminando com alta taxa de deterioração.

Tabela 2. Condutividade elétrica (CE), lipídios (LIP), carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM) e fibras (FIB) de sementes de jabuticaba armazenadas à temperatura de 6 e 25 °C.

Temperaturas (°C)	Armazenamento (dias)						
	0	3	6	9	12	15	18
	CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)						
6	6,55a	45,64b	52,72a	58,87b	78,92a	91,55b	118,12b
25	6,54a	58,42a	56,01a	66,50a	64,20b	112,03a	266,24a
	LIP (%)						
6	12,46b	11,45b	11,35b	11,10b	10,93b	10,93a	10,32a
25	13,81a	13,23a	12,6a	12,27a	11,50a	10,67a	10,43a
	CT ($\text{mg g}^{-1} \text{MS}$)						
6	268,95a	321,27a	298,5a	269,88a	250,95a	229,78a	179,12a
25	266,24a	255,11b	248,03b	229,78b	199,87b	193,45b	186,55a
	PT ($\text{mg g}^{-1} \text{MS}$)						
6	27,55a	24,55a	22,60a	21,75a	15,84a	13,98a	9,76a
25	23,65b	14,84b	9,76b	9,83b	7,97b	6,85b	4,41b
	AM ($\text{mg g}^{-1} \text{MS}$)						
6	422,42a	383,07a	249,48b	139,98b	123,72b	77,60b	31,25b
25	412,05a	337,09b	316,08a	300,10a	293,83a	144,31a	106,32a
	FIB (%)						
6	12,09a	11,83b	12,05b	11,81b	9,50b	9,34b	9,32b
25	12,64a	13,24a	12,78a	12,66a	11,80a	10,08a	10,70a

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente, pelo teste F ($p \leq 0,05$); MS-massa seca.

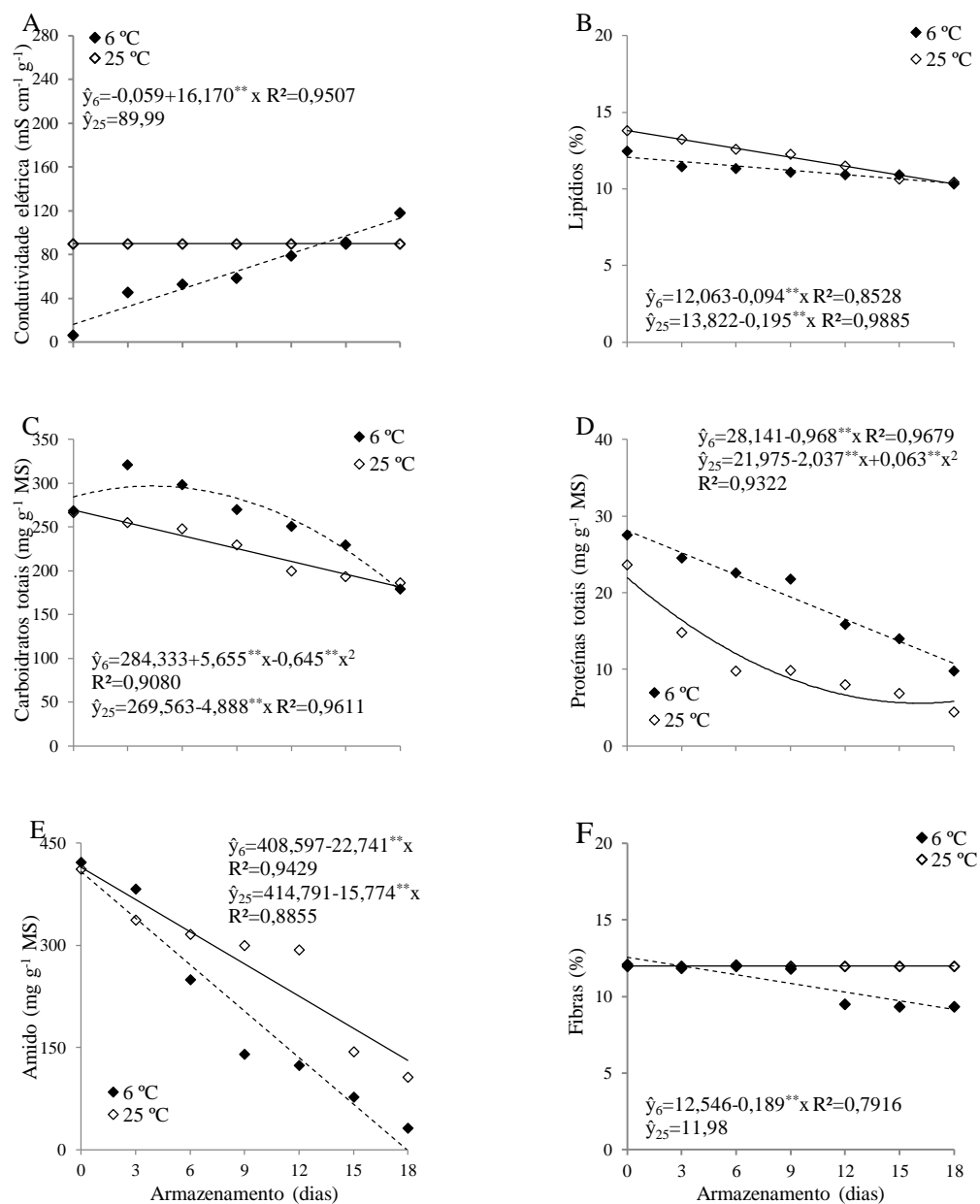


Figura 2. Conduktividade elétrica das sementes (A), lipídios (B), carboidratos totais (C), proteínas totais (D), amido (E) e fibras (F) em função da temperatura e tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba. *, ** Significância em nível de 5 e 1 %, respectivamente. \hat{y}_6 – equação da temperatura de 6°C; \hat{y}_{25} – equação da temperatura de 25°C.

Observou-se um rápido aumento na condutividade elétrica da solução de embebição de sementes já nos três primeiros dias de armazenamento, sendo o aumento de 6,55 para 45,64 em 6 °C, e de 6,54 para 58,42 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ em 25 °C (Tabela 2). As sementes de jabuticaba na temperatura de 6 °C apresentaram menores valores para condutividade elétrica em relação à temperatura de 25 °C, indicando menor lixiviação de solutos do meio intracelular sob baixa temperatura (Figura 2A).

A quantificação da condutividade elétrica da solução resultante da imersão das sementes na água avalia, indiretamente, a qualidade das sementes. Menores valores de condutividade são obtidos a partir de baixa quantidade de eletrólitos lixiviados a partir de sementes de alto vigor. Essa baixa condutividade representa um alto vigor devido a um baixo nível de desorganização do sistema de membrana celular nessas sementes (VIEIRA et al., 2008).

No presente estudo, ocorreu a lixiviação dos solutos orgânicos, proporcionando um aumento da condutividade elétrica das sementes, cujo comportamento foi linear na temperatura de 6 °C e um ajuste cúbico na temperatura de 25 °C. Os maiores valores foram observados após 18 dias do armazenamento das sementes, atingindo valores de 118,12 e 266,24 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ nas temperaturas de 6 e 25 °C, respectivamente (Figura 2A).

Moncaleano-Escandon et al. (2013) observaram redução na viabilidade de sementes de *Jatropha curcas* envelhecidas devido à perda de vigor em função de alterações nas membranas celulares à medida que as temperaturas aumentaram, semelhante ao observado neste trabalho visto que maiores valores da condutividade elétrica foram observados na temperatura de 25 °C.

Considerando a composição química das sementes durante o armazenamento, os lipídios apresentaram maiores valores entre o tempo inicial e 12 dias de armazenamento das sementes de jabuticaba na temperatura de 25 °C (Tabela 2). Menores valores do teor de lipídios foram observados após 15 e 18 dias, independente da temperatura de armazenamento (Tabela 2 e Figura 2B).

Durante o armazenamento, altas temperaturas e umidade das sementes contribuem para o processo de deterioração, ocasionando alterações degenerativas como a desestabilização das enzimas e a desestruturação e perda de integridade do sistema de membranas celulares, causadas, principalmente, pela peroxidação de lipídios (SURKI et al., 2012; ABREU et al., 2013), ocorrendo aumento das espécies reativas do oxigênio (BAILLY, 2004; LI et al., 2010).

Os teores de lipídios foram menores à medida que ocorreu um prolongamento no tempo de armazenamento, nas duas temperaturas estudadas (Figura 2B). A redução do teor de lipídios nas sementes durante o armazenamento pode ocorrer devido à sua peroxidação, que leva à deterioração e perda de viabilidade das sementes (ABREU et al., 2013), determinando danos à membrana celular e formação de produtos tóxicos (SCHWEMBER; BRADFORD, 2010).

Durante o armazenamento das sementes ocorre redução dos fosfolipídios de membrana celular e das membranas das mitocôndrias, com consequente desorganização da membrana celular, perda da integridade e permeabilidade seletiva das membranas. Esses eventos proporcionam extravasamento do conteúdo celular (SURKI et al., 2012), conforme observado neste trabalho maiores valores de condutividade elétrica da solução de embebição e menores valores de lipídios com o aumento do tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba (Figura 2A e B).

Maiores valores de carboidratos totais foram observados nas sementes armazenadas sob temperatura de 6 °C entre 3 e 15 dias (Figura 2C) e menores valores de amido após três dias de armazenamento (Tabela 2), culminando com o aumento na disponibilidade de energia fornecida pela catálise, disponibilizando sacarose, glicose e frutose pelo desdobramento do amido, para o crescimento das plântulas (STITT; ZEEMAN, 2012).

Os teores de amido das sementes armazenadas sob as duas temperaturas apresentaram redução à medida que ocorreu um prolongamento no tempo de armazenamento (Figura 2E). Comportamento similar foi observado para o teor de carboidratos totais, que apresentaram decréscimo linear nas sementes armazenadas sob temperatura de 25 °C e um ajuste quadrático para 6 °C, ocorrendo um aumento inicialmente (atingindo 321,27 mg g⁻¹ MS após três dias de armazenamento), com subsequente redução (Figura 2C). Hussain et al. (2015) estudando sementes de arroz observaram que os efeitos da deterioração do armazenamento prolongado estão correlacionados à degradação do amido e ao aumento da hidrólise do açúcar solúvel, resultando em uma redução do teor de açúcar solúvel nas sementes.

A redução no teor de amido nas sementes armazenadas sob temperatura de 6 °C pode ser devido a três condições: observou-se redução do teor de água das sementes e a menor temperatura induz a degradação do amido, em que ocorre degradação do amido para a produção de açúcares de tolerância ao frio/dessecação, como os da série das rafinoses (PETERBAUER; RICHTER, 2001) e proteínas LEA (COSTA et al., 2015) que atuam na manutenção da integridade das membranas celulares; o amido foi alocado para o processo germinativo visto que as sementes de jabuticaba são armazenadas com alto teor de água e, portanto, mantêm seu metabolismo ativo (PAMMENTER; BERJAK, 2014); e baixas temperaturas levam ao aumento da atividade de uma ou mais enzimas degradadoras de amido (KRAUSE et al., 1998).

Os valores de proteínas totais apresentaram diferença em função da temperatura de armazenamento. Maiores valores de proteínas totais foram observados em todo o

período de armazenamento das sementes (Tabela 2), fato que está associado às sementes que apresentam maior qualidade fisiológica, enquanto aquelas armazenadas sob temperatura de 25 °C apresentaram maior redução neste conteúdo, caracterizando-se como o primeiro evento bioquímico da deterioração (BEWLEY: BLACK, 1994). Resultados similares foram observados em sementes de arroz por Bortolotto et al. (2008), em que maior teor de proteínas em sementes com maior qualidade fisiológica, visto que sementes expostas a condições desfavoráveis de ambiente apresentam como primeiro evento bioquímico o dano à síntese de proteínas.

Os valores obtidos do teor de proteínas totais foram descendentes em função do tempo de armazenamento das sementes na temperatura de 6 °C. Na temperatura de 25 °C observou-se ajuste ao modelo quadrático, sendo o maior valor (23,65 mg g⁻¹ MS) observado antes do armazenamento (zero dias) (Figura 2D). Com o aumento da temperatura e do tempo de armazenamento das sementes ocorre redução nos teores de açúcar solúvel e proteínas, com conseqüente redução da viabilidade das sementes, concordando com Castellión et al. (2010) e Yan (2017).

A redução no teor de água pode ter proporcionado uma redução no teor de proteína observado com o prolongamento do tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba, conforme observado em trabalho de Parkhey et al. (2014), em que a redução do teor de água nas sementes promoveu uma perda de proteína regulada pelo estresse oxidativo e ao longo do tempo de armazenamento das sementes.

Os teores de fibras apresentaram maiores valores após três dias de armazenamento das sementes sob temperatura de 25 °C (Tabela 2). Os teores de fibras foram menores à medida que ocorreu um prolongamento no tempo de armazenamento na temperatura de 6 °C, e na temperatura de 25 °C apresentou valor médio de 11,98% (Figura 2F).

Altas temperaturas durante o armazenamento das sementes proporcionam uma maior degradação das substâncias de reserva (HUSSAIN et al., 2015), como observado naquelas armazenadas sob temperatura de 25 °C neste trabalho. A temperatura é um dos parâmetros que devem ser considerados para evitar a degradação da semente e manter a qualidade fisiológica (DOOLEY et al., 2013). Foi possível observar o efeito da temperatura no armazenamento das sementes de jabuticaba, em que houve redução do metabolismo celular proporcionado pela baixa temperatura de armazenamento estudada (6 °C). Baixas temperaturas no armazenamento das sementes promovem redução do metabolismo celular, como parte de alguns processos metabólicos que podem ser

retardados, ocasionando uma redução no consumo dos constituintes de reserva das sementes, que são essenciais para a germinação (KAUTH; BIBER, 2015).

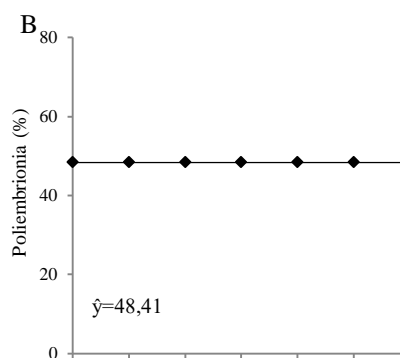
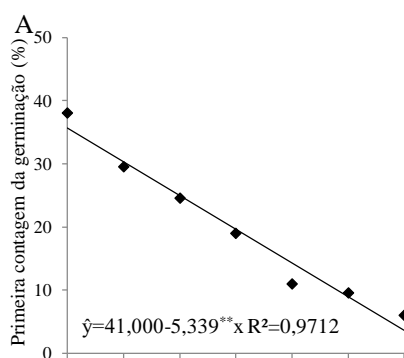
O armazenamento das sementes de jabuticaba sob temperatura de 6 °C também proporcionou uma menor degradação das substâncias de reservas, culminando com menor deterioração das sementes, evidenciando que temperaturas mais baixas sejam as mais recomendadas para conservação da viabilidade das sementes (BARBEDO et al., 2013).

Não há interação significativa entre temperatura e tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba para as variáveis: primeira contagem da germinação, porcentagem de poliembrionia, massas fresca e seca de plântulas e teor de fenóis totais. Nas sementes armazenadas sob temperatura de 25 °C verificou-se maior valor de primeira contagem da germinação e de massas fresca e seca de plântulas quando comparado à temperatura de 6 °C (Tabela 3). Observou-se redução linear da primeira contagem da germinação e massa fresca de plântulas com o aumento do tempo de armazenamento das sementes (Figura 3A e C). A massa seca de plântulas apresentou valor médio de 0,09 g em função do tempo de armazenamento das sementes (Figura 3D).

Tabela 3. Primeira contagem da germinação (PCG), poliembrionia (PE), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas e fenóis totais (FT) de sementes de jabuticaba armazenadas à temperatura de 6 e 25 °C.

Temperaturas (°C)	PCG (dias)	PE (%)	MFP (g)	MSP (g)	FT (mg g ⁻¹ MS)
6	10,85b	52,87a	0,27b	0,08b	31,86a
25	28,43a	43,96a	0,28a	0,09a	28,53b

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F ($p \leq 0,05$); MS-massa seca.



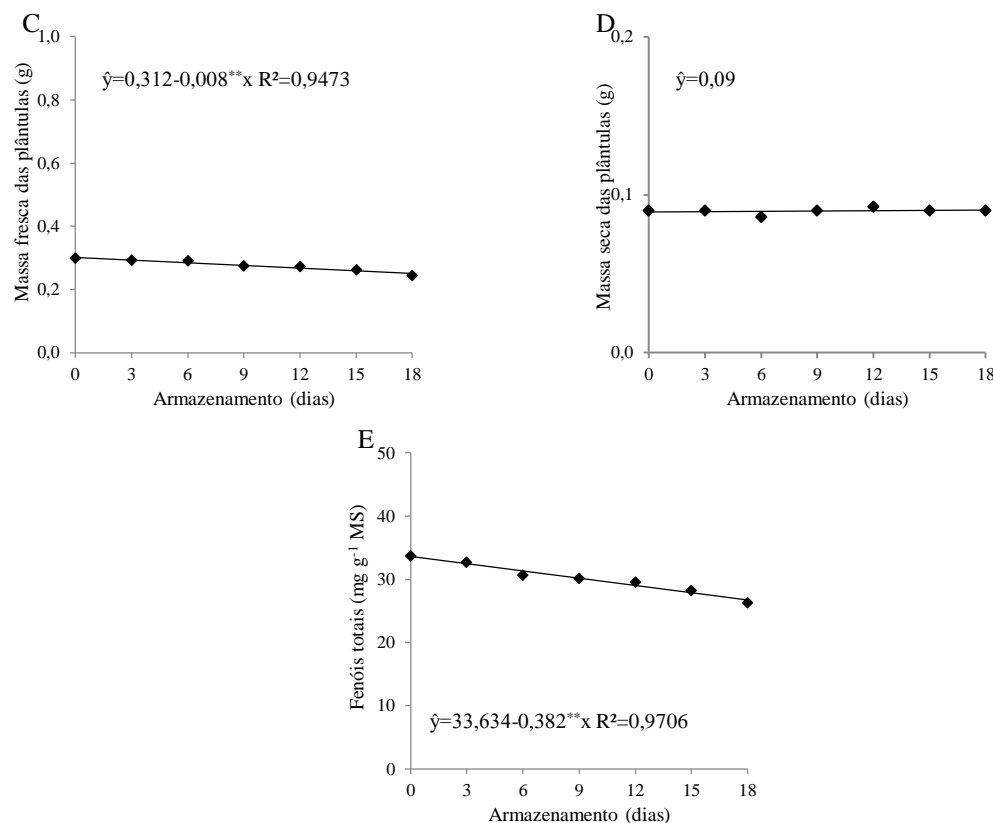


Figura 3. Primeira contagem de germinação (A), poliembrionia (B), massa fresca (C) e seca (D) de plântulas e fenóis totais (E) em função do tempo de armazenamento das sementes de jaboticaba. *, ** Significância em nível de 5 e 1 %, respectivamente.

Maiores valores de fenóis totais foram obtidos em sementes armazenadas na temperatura de 6 °C (Tabela 3). Houve redução linear dos fenóis totais com o prolongamento do tempo de armazenamento das sementes de jaboticaba (Figura 3E). Os compostos fenólicos apresentam redução durante o armazenamento das sementes devido à sua oxidação. A oxidação promove a perda rápida da viabilidade das sementes e pode inibir a germinação (BEWLEY; BLACK, 1994).

A porcentagem de poliembrionia não apresenta diferença significativa quanto às temperaturas de armazenamento das sementes de jaboticaba (Tabela 3) e observou-se valor médio de 48,41% em função do tempo de armazenamento das sementes (Figura 3B). Semelhante ao observado neste trabalho, Danner et al. (2011a) não obtiveram diferença no percentual de poliembrionia em sementes de jaboticaba armazenadas em diferentes temperaturas e, portanto, evidenciaram que a taxa de poliembrionia deve ser influenciada por fatores genéticos e condições ambientais durante a formação das sementes na planta-matriz.

O coeficiente de correlação de Pearson foi determinado entre todas as variáveis estudadas e considerou-se correlação significativa entre as variáveis com forte

dependência linear acima de 0,80 (Tabela 4). As correlações observadas reafirmam os resultados obtidos neste estudo.

O teor de água das sementes apresentou correlação linear diretamente proporcional com a porcentagem de germinação ($r=0,66$), indicando que o teor de água influencia a germinação das sementes de jaboticaba e, portanto, baixos teores de água resultarão em redução da porcentagem de germinação.

Foi observada uma relação direta entre a porcentagem de plântulas normais e o índice de velocidade de germinação, confirmada pelo coeficiente de correlação significativo ($r=0,91$), em que objetiva-se obter uma germinação rápida e uniforme e crescimento de plântulas normais em sementes com maior vigor.

A correlação observada entre a porcentagem de fungos com as variáveis germinação ($r=-0,98$), tempo médio de germinação ($r=0,80$), sementes viáveis ($r=-0,99$) e condutividade elétrica da solução de embebição das sementes ($r=0,75$) enfatiza os resultados observados neste estudo. O extravasamento de solutos das sementes é adequado para o crescimento fúngico, culminando com a deterioração das sementes e, portanto, aumentando o tempo médio de germinação e reduzindo a germinação e porcentagem de sementes viáveis.

A correlação significativa e negativa entre a condutividade elétrica da solução de embebição das sementes com o índice de velocidade de germinação ($r=-0,84$) e a porcentagem de plântulas normais ($r=-0,86$); e positiva entre a condutividade elétrica com o tempo médio de germinação ($r=0,86$) sugere que sementes deterioradas apresentarão maiores condutividade elétrica e tempo médio de germinação e menores índice de velocidade de germinação e porcentagem de plântulas normais.

Os teores de carboidratos totais apresentaram correlação positiva com o comprimento da parte aérea das plântulas ($r=0,83$), confirmando que os carboidratos são fonte de energia para o crescimento das mesmas. Correlação positiva também foi observada entre o teor de proteínas totais com as variáveis índice de velocidade de germinação ($r=0,85$), carboidratos totais ($r=0,80$) e comprimento da parte aérea ($r=0,78$); e negativa com o tempo médio de germinação ($r=-0,81$), demonstrando que os carboidratos são fonte de energia metabólica para o crescimento da plântula e de esqueletos de carbono para a biossíntese de aminoácidos e proteínas (BEWLEY; BLACK, 1994).

O teor de amido apresentou forte correlação positiva com o comprimento de raiz ($r=0,84$) e teor de lipídios ($r=0,82$), em que um aumento do teor de amido determina um

aumento do comprimento da raiz e do teor de lipídios. A primeira contagem da germinação apresentou forte associação linear diretamente proporcional com o teor de carboidratos totais ($r=0,81$) e proteínas totais ($r=0,92$), demonstrando que os carboidratos e proteínas são necessários no processo de germinação, ocasionando um aumento na porcentagem de sementes germinadas na primeira contagem (BEWLEY; BLACK, 1994).

O valor do coeficiente de correlação de Pearson obtido entre o teor de fenóis totais foi positivo com as variáveis índice de velocidade de germinação ($r=0,85$), porcentagem de plântulas normais ($r=0,85$), teor de proteínas totais ($r=0,84$) e primeira contagem da germinação ($r=0,80$), entretanto, foi negativo com o tempo médio de germinação ($r=-0,81$), sugerindo que os fenóis totais estão relacionados às sementes com maior vigor, sendo maior teor de fenóis totais com maior índice de velocidade de germinação, porcentagem de plântulas normais, teor de proteínas totais e primeira contagem da germinação e menor tempo médio de germinação.

Tabela 4. Matriz de coeficientes de correlação de Pearson das variáveis: teor de água (TA), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG), sementes viáveis (SV), plântulas normais (PN), comprimento da parte aérea (CPA) e de raiz (CR), fungos (FUN), condutividade elétrica (CE), lipídios (LIP), carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM), fibras (FIB), primeira contagem da germinação (PCG), poliembrionia (PE), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas e fenóis totais (FT) de sementes de jabuticaba em função da temperatura e tempo de armazenamento.

	G	IVG	TMG	SV	PN	CPA	CR	FUN	CE	LIP	CT	PT	AM	FIB	PCG	PE	MFP	MSP	FT
TA	0,66*	0,59*	-0,64*	0,66*	0,64*	0,59*	0,76*	-0,62*	-0,76*	0,73*	0,54*	0,65*	0,72*	0,66*	0,59*	0,56*	0,57*	0,55*	0,64*
G	-	0,80*	-0,85*	0,99*	0,78*	0,68*	0,55*	-0,98*	-0,78*	0,43*	0,60*	0,63*	0,39*	0,30*	0,65*	0,48*	0,31*	0,27*	0,70*
IVG		-	-0,94*	0,79*	0,91*	0,82*	0,64*	-0,74*	-0,84*	0,36*	0,77*	0,85*	0,46*	0,18 ^{ns}	0,87*	0,61*	0,36*	0,27*	0,85*
TMG			-	-0,83*	-0,86*	-0,82*	-0,64*	0,80*	0,86*	-0,39*	-0,71*	-0,81*	-0,51*	-0,23 ^{ns}	-0,80*	-0,63*	-0,36*	-0,30*	-0,81*
SV				-	0,79*	0,67*	0,56*	-0,99*	-0,79*	0,45*	0,59*	0,61*	0,41*	0,33*	0,63*	0,49*	0,32*	0,31*	0,70*
PN					-	0,75*	0,67*	-0,73*	-0,86*	0,51*	0,72*	0,79*	0,49*	0,30*	0,77*	0,58*	0,44*	0,42*	0,85*
CPA						-	0,72*	-0,60*	-0,73*	0,39*	0,83*	0,78*	0,59*	0,39*	0,83*	0,51*	0,49*	0,28*	0,69*
CR							-	-0,48*	-0,69*	0,71*	0,74*	0,73*	0,84*	0,62*	0,72*	0,54*	0,73*	0,64*	0,71*
FUN								-	0,75*	-0,40*	-0,52*	-0,53*	-0,35*	-0,27*	-0,56*	-0,46*	-0,26*	-0,26 ^{ns}	-0,65*
CE									-	-0,63*	-0,63*	-0,69*	-0,66*	-0,45*	-0,64*	-0,62*	-0,52*	-0,51*	-0,76*
LIP										-	0,42*	0,39*	0,82*	0,73*	0,36*	0,37*	0,76*	0,66*	0,45*
CT											-	0,80*	0,59*	0,44*	0,81*	0,49*	0,57*	0,34*	0,67*
PT												-	0,50*	0,28*	0,92*	0,60*	0,45*	0,24 ^{ns}	0,84*
AM													-	0,78*	0,48*	0,41*	0,76*	0,66*	0,50*
FIB														-	0,27*	0,28*	0,65*	0,54*	0,27*
PCG															-	0,54*	0,43*	0,21 ^{ns}	0,80*
PE																-	0,42*	0,19 ^{ns}	0,58*
MFP																	-	0,58*	0,43*
MSP																		-	0,34*

5.4 CONCLUSÕES

- As sementes recém-colhidas apresentam maior germinação e vigor em relação aos tempos de armazenamento estudados;
- A melhor temperatura para armazenamento de sementes de jabuticaba é 6 °C por 18 dias;
- Na temperatura de 6 °C obtêm-se maiores porcentagens de germinação, sementes viáveis, plântulas normais e índice de velocidade de germinação em comparação à temperatura de 25 °C;
- Há maior degradação de carboidratos e proteínas na temperatura de 25 °C;
- Ocorre redução na germinação e vigor com o aumento do período de armazenamento;
- Há maior degradação de carboidratos, proteínas, lipídios e amido com o prolongamento do tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba;
- Na temperatura de 25 °C ocorre crescimento de fungos, resultando em alta taxa de deterioração das sementes.

5.5 REFERÊNCIAS

- ABREU, L.A.S.; CARVALHO, M.L.M.; PINTO, C.A.G.; KATAOKA, V.Y.; SILVA, T.T.A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.240-247, 2013.
- BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, v.14, p.93-107, 2004.
- BALESEVIC-TUBIC, S.; TATIC, M.; DORDEVIC, V.; NIKOLIĆ, Z; DUKIĆ, V. Seed viability of oil crops depending on storage conditions. **Helia**, v.33, n.52, p.153-160, 2010.
- BALESEVIC-TUBIC, S.; TATIC, M.; MILADINOVIC, J.; PUCAREVIC, M. Changes of fatty acids content and vigor of sunflower seed during natural aging. **Helia**, v.30, n.47, p.61-68, 2007.
- BARBEDO, C.J.; CENTENO, D.C.C.; RIBEIRO, R.C.L.F. Do recalcitrant seeds really exist? **Hoehnea**, v.40, p.583-593, 2013.
- BEWLEY, D.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.

BERJAK, P., PAMMENTER, N.W. From Avicennia to Ziziana: seed recalcitrance in perspective. **Annals of Botany**, v.101, p.213-228, 2008.

BERJAK, P., PAMMENTER, N.W. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. **Frontiers in Plant Science**, v.4, p.1-9, 2013.

BLIGH, E.G., DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BORTOLOTTO, R.P.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; MATTIONI, N.M. Teor de proteína e qualidade fisiológica de sementes de arroz. **Bragantia**, v.67, n.2, p.513-520, 2008.

BRADFORD, M.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. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.

CASTELLIÓN, M.; MATIACEVICH, S.; BUERA, P.; MALDONADO, S. Protein deterioration and longevity of quinoa seeds during long-term storage. **Food Chemistry**, v.121, n.4, p.952-958, 2010.

COSTA, M.C.D.; RIGHETTI, K.; NIJVEEN, H.; YAZDANPANA, F.; LIGTERINK, W.; BUITINK, J.; HILHORST, H.W. A gene co-expression network predicts functional genes controlling the re-establishment of desiccation tolerance in germinated *Arabidopsis thaliana* seeds. **Plant**, v.242, p.435-449, 2015.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; AMBROSIO, R.; WAGNER JÚNIOR, A. Armazenamento a vácuo prolonga a viabilidade de sementes de jaboticaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.246-252, 2011a.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; SACHET, M.R.; MALAGI, G. Modo de reprodução e viabilidade de pólen de três espécies de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.345-352, 2011b.

DELOUCHE, J.C.; BASIKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lost. **Seed Science and Technology**, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DOOLEY, F.D.; WYLLIE-ECHEVERRIA, S.; VAN VOLKENBURGH, E. Long-term seed storage and viability of *Zostera marina*. **Aquatic Botany**, v.111, p.130-134, 2013.

FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Recalcitrance: a current assessment. **Seed Science & Technology**, v.16, n.1, p.155-166, 1988.

GRESSLER, E.; PIZO, M.A.; MORELLATO, L.P.C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.509-530, 2006.

HODGE, J.E.; HOFREITER, B.T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J.E.; WOLFROM, M.L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press. v.1, 1962. p.380-394.

HUSSAIN, S.; ZHENG, M.; KHAN, F.; KHALIQ, A.; FAHAD, S.; PENG, S.; HUANG, J.; CUI, K.; NIE, L. Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. **Scientific Reports**, v.5, p.8101-8113, 2015.

JACOB, S.R.; KUMAR, M.B.A.; VARGHESE, E.; SINHA, S.N. Hydrophilic polymer film coat as a micro-container of individual seed facilitates safe storage of tomato seeds. **Scientia Horticulturae**, v.204, p.116-122, 2016.

KAPOOR, N.; ARYA, A.; SIDDIQUI, M.A.; KUMAR, H.; AMIR, A. Physiological and biochemical changes during seed deterioration in aged seeds of rice (*Oryza sativa* L.). **American Journal of Plant Physiology**, v.6, n.1, p.28-35, 2011.

KAUTH, P.J.; BIBER, P.D. Moisture content, temperature, and relative humidity influence seed storage and subsequent survival and germination of *Vallisneria americana* seeds. **Aquatic Botany**, v.120, p.297–303, 2015.

KRAUSE, K.P.; HILL, L.; REIMHOLZ, R.; HAMBORG NIELSEN, T.; SONNEWALD, U.; STITT, M. Sucrose metabolism in cold-stored potato tubers with decreased expression of sucrose phosphate synthase. **Plant, Cell and Environment**, v.21, n.3, p.285-299, 1998.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983. 174p.

LI, Y.; QU, J.J.; ZHANG, W.M.; AN, L.Z.; XU, P.; LI, Y.C. Impact of ultra-dry storage on vigor capacity and antioxidant enzyme activities in seed of *Ammopiptanthus mongolica*. **Botanical Studies**, v.51, p.465-472, 2010.

LIAOTRAKOON, W.; CLERCQ, N.; VAN HOED, V.; DEWETTINCK, K. Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) seed oils: their characterization and stability under storage conditions. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.90, p.207–215, 2013.

LOURENÇO, A.R.L.; BARBOSA, M.R.V. Myrtaceae em restingas no limite norte de distribuição da Mata Atlântica, Brasil. **Rodriguésia**, v.63, p.373-393, 2012.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MATTOS, J.L.R. **Frutíferas nativas do Brasil: jaticabeiras**. Porto Alegre: Nobel, 1983. 92p.

MONCALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B.C.F.; SILVA, S.R.S.; GRANJA, J.A.A.; ALVES, M.C.J.L.; POMPELLI, M.F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**, v.44, p.684-690, 2013.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Physiology of desiccation-sensitive (recalcitrant) seeds and the implications for cryopreservation. **International Journal of Plant Sciences**, v.175, n.1, p.21–28, 2014.

PARKHEY, S.; NAITHANI, S.C.; KESHAVKANT, S. Protein metabolism during natural ageing in desiccating recalcitrant seeds of *Shorea robusta*. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.36, p.1649-1659, 2014.

PASQUINI, S.; MIZZAU, M.; PETRUSSA, E.; BRAIDOT, E.; PATUI, S.; GORIAN, F.; LAMBARDI, M.; VIANELLO, A. Seed storage in polyethylene bags of a recalcitrante species (*Quercus ilex*): analysis of some bioenergetic and oxidative parameters. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.34, p.1963-1974, 2012.

PETERBAUER, T.; RICHTER, A. Biochemistry and physiology of raffinose family oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seeds. **Seed Science Research**, v.11, p.185-197, 2001.

PUKACKA, S.; RATAJCZAK, E.; KALEMBA, E. Non-reducing sugar levels in beech (*Fagus sylvatica*) seeds as related to withstanding desiccation and storage. **Journal of Plant Physiology**, v.166, p.1381–1390, 2009.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, p.499-514, 1973.

SCHWEMBER, A.R.; BRADFORD, K.J. Quantitative trait loci associated with longevity of lettuce seeds under conventional and controlled deterioration storage conditions. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.4423–4436, 2010.

STITT, M.; ZEEMAN, S. Starch turnover: pathways, regulation and role in growth. **Current Opinion in Plant Biology**, v.15, p.1–11, 2012.

SURKI, A.A.; SHARIFZADEH, F.; AFSHARI, R.T. Effect of drying conditions and harvest time on soybean seed viability and deterioration under different storage temperature. **African Journal of Agricultural Research**, v.7, n.36, p.5118-5127, 2012.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Punnusdomestica* I. quantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, n.1, p.63-68, 1959.

WALTERS, C.T.; BALLESTEROS, D.; VERTUCCI, V. Structural mechanics of seed deterioration: standing the test of time. **Plant Science**, v.179, p.565–573, 2010.

TEAM, R.C. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 6 ago. 2018.

VIDIGAL, D.S.; LIMA, J.S.; BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.168-174, 2008.

VIEIRA, R.D.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; BRUENNING, W.P.; PANOBIANCO, M. Temperature during soybean seed storage and the amount of electrolytes of soaked seeds solution. **Scientia Agricola**, v.65, n.5, p.496-501, 2008.

YAN, M. Prolonged storage reduced the positive effect of hydropriming in Chinese cabbage seeds stored at diferente temperatures. **South African Journal of Botany**, v.111, p.313-315, 2017.

6.0 CAPÍTULO 4 – CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JABUTICABA

6.1 INTRODUÇÃO

A família Myrtaceae apresenta cinco gêneros (Eugenia, Acca, Myrthacea, Plinia e Psidium) com grande importância econômica (DANNER et al., 2010), dos quais, inúmeras espécies produzem frutos com características sensoriais aceitáveis (ALEGRETTI et al., 2015), dentre as quais destaca-se a jabuticabeira. A espécie é oriunda do Brasil e pertencente ao gênero *Plinia*, com nove espécies conhecidas com destaque para *P. trunciflora* Berg (jabuticaba de cabinho), *P. cauliflora* (DC) Berg (jabuticaba paulista ou jabuticaba-açu) e *P. jaboricaba* (Vell.) Berg (jabuticaba Sabará) (DANNER et al., 2011).

As sementes da jabuticaba são classificadas como recalcitrantes, não toleram a dessecação e não apresentam adequada conservação da viabilidade pelos métodos convencionais de armazenamento (HÖSSEL et al., 2013). O armazenamento das sementes com alta umidade pode estimular o início da germinação, e induzir a contaminação por fungos ocasionando, conseqüentemente, um comprometimento da sobrevivência de todo um lote (BONJOVANI; BARBEDO, 2008; FIOR et al., 2010). Assim, técnicas de condicionamento fisiológico podem representar uma alternativa para a conservação das sementes recalcitrantes.

O condicionamento fisiológico das sementes pode possibilitar uma melhor qualidade, com redução do tempo de germinação, aumento da porcentagem de germinação e resistência ao estresse ambiental (COPELAND; MCDONALD, 1995). É uma hidratação parcial das sementes que promove atividades metabólicas para o processo da germinação sem, porém, ocorrer a protrusão da raiz primária (GIURIZATTO et al., 2008; PINEDO; FERRAZ, 2008). Para essa hidratação pode ser utilizada somente água (hidrocondicionamento) e/ou soluções osmóticas (osmocondicionamento), podendo ser usado soluções salinas e polietileno glicol (HEYDECKER et al., 1975; PINEDO; FERRAZ, 2008).

O hidrocondicionamento apresenta algumas vantagens, como método mais simples e barato, e não necessita de reagentes nem equipamentos sofisticados. Entretanto, é afetado por alguns fatores, como o período de tratamento, o tamanho das sementes, o genótipo e o potencial fisiológico inicial das sementes (ARAÚJO et al., 2011).

Após o condicionamento das sementes, estas atingem altos teores de água que são inadequados para a conservação do potencial fisiológico durante o armazenamento, necessitando de secagem adequadamente, para evitar a reversão dos efeitos benéficos do tratamento (MARCOS FILHO; KIKUTI, 2008). Portanto, o condicionamento de sementes é uma técnica que visa a externar a qualidade ou favorecer o desempenho de lotes de sementes e/ou das plântulas produzidas, com procedimentos para favorecer a germinação, a sanidade e o crescimento de plântulas (HILL et al., 2007).

O hidrocondicionamento pode promover uma maior germinação e melhor expressão do vigor das sementes e desempenho inicial das plântulas, com garantia de sementes com maior qualidade fisiológica, conforme observado em sementes de melão em que o processo de embebição associado com o armazenamento por 15 dias aumentou o potencial de germinação e o vigor das sementes (MANHONE et al., 2015) No entanto, é necessário avaliar os procedimentos utilizados durante o condicionamento fisiológico para cada espécie, inclusive efetuar uma análise do tempo de secagem após o processo, principalmente porque a semente de jabuticaba apresenta recalcitrância, buscando assim um melhor aprimoramento desta

técnica. É importante, ainda, verificar o tempo de armazenamento no qual estas sementes permanecem viáveis após a secagem parcial. Assim, objetivou-se estudar alterações fisiológicas e bioquímicas de sementes de jaboticaba em diferentes tempos de secagem após o hidrocondicionamento e tempos de armazenamento.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de frutos maduros de jaboticaba (*Plinia cauliflora* (Mart.) O. Berg), colhidos nos meses de julho e agosto de 2017, no estágio de maturação completa coloração preto-arroxeadada, de 13 plantas adultas de um pomar no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Alegre, sul do Espírito Santo, nas coordenadas 20° 45' 50" S e 41° 27' 25" W. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES).

Os frutos foram pressionados contra uma superfície plana e firme de uma bancada e a polpa removida com a técnica da cal extinta. Após a extração, as sementes permaneceram durante 12 horas, a sombra, para a remoção do excesso de umidade, à temperatura de 25 °C. Posteriormente, as sementes foram pesadas e hidrocondicionadas em água destilada por 24 horas, em recipiente aberto de polietileno de 240 mL. Em seguida, efetuou-se a pesagem para obtenção da massa fresca das sementes. Posteriormente, as sementes foram secas a sombra, em temperatura de 25 °C, por diferentes tempos (0; 12; 24; 48 e 96 horas) para retirada do excesso de umidade, acondicionadas em sacos plásticos transparentes de 0,10 mm e armazenadas por períodos de 0; 5; 10; 15; 20 e 30 dias sob temperatura de 6 °C.

Para o estudo da qualidade fisiológica das sementes foram analisados: **teor de água da semente (%)** - determinado de acordo com Brasil (2009) utilizando-se quatro repetições de 15 sementes; **germinação (%)** - conduzida com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, semeadas em rolos de papel tipo germitest, umedecidos com água destilada na proporção de três vezes a massa do papel seco, mantidos em câmara de germinação regulada à temperatura constante de 25 °C, sob luz constante, durante 35 dias; **índice de velocidade de germinação (IVG)** - realizado de acordo com Maguire (1962), sendo a contagem feita até o 35° dia; **porcentagem de sementes viáveis (%)** - realizada de acordo com Brasil (2009), para determinar a viabilidade das sementes que não germinaram ao final do teste de germinação, utilizando-se uma solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, na concentração de 1%; **porcentagem de plântulas normais (%)** - feita de acordo com Brasil (2009), no final do teste de germinação; **massas seca das plântulas (g)** - determinada no final do teste de

germinação, em balança analítica (0,0001 g). As plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo *Kraft*, mantidas em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 70 °C, por 72 horas; **condutividade elétrica** ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) - método adaptado da proposta de Vidigal et al. (2008), determinando-se a condutividade elétrica em condutímetro modelo EC-1382, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes. Para a caracterização bioquímica foi realizado um procedimento adaptado do método de Bligh e Dyer (1959), com separação dos compostos solúveis pela característica de sua natureza hidrofílica ou hidrofóbica, sendo caracterizados: **carboidratos totais** pelo método de Hodge e Hofreiter (1962); as **proteínas totais** pelo método de Bradford (1976); o **amido** foi determinado primeiramente pelo processo de hidrólise ácida do amido das amostras em mono, di e oligossacarídeos que, posteriormente, foram submetidos à reação com Antrona (HODGE; HOFREITER, 1962); os **fenóis totais** foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (SWAIN; HILLIS, 1959); as **fibras** foram determinadas do pellet restante da extração do amido pela secagem em estufa de circulação forçada à temperatura de 60 °C até peso constante (48 horas); e os **lipídios totais** foram determinados pelo método gravimétrico.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para a análise da qualidade fisiológica e três repetições de 25 sementes em duplicatas para as análises bioquímicas, em esquema de parcelas subdivididas. Na parcela analisou-se cinco tempos de secagem das sementes após o hidrocondicionamento (0; 12; 24; 48 e 96 horas) e nas subparcelas seis tempos de armazenamento (0; 5; 10; 15; 20 e 30 dias).

Os dados foram submetidos à análise de variância e realizada a análise de regressão, com auxílio do software R (TEAM, 2018).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve uma redução linear do teor de água das sementes em função do aumento das horas de secagem em todos os tempos de armazenamento (Figura 1A). O teor de água apresentou valores de 56,78 a 60,31% para zero horas e 32,09 a 35,15% para 96 horas, para todos os tratamentos.

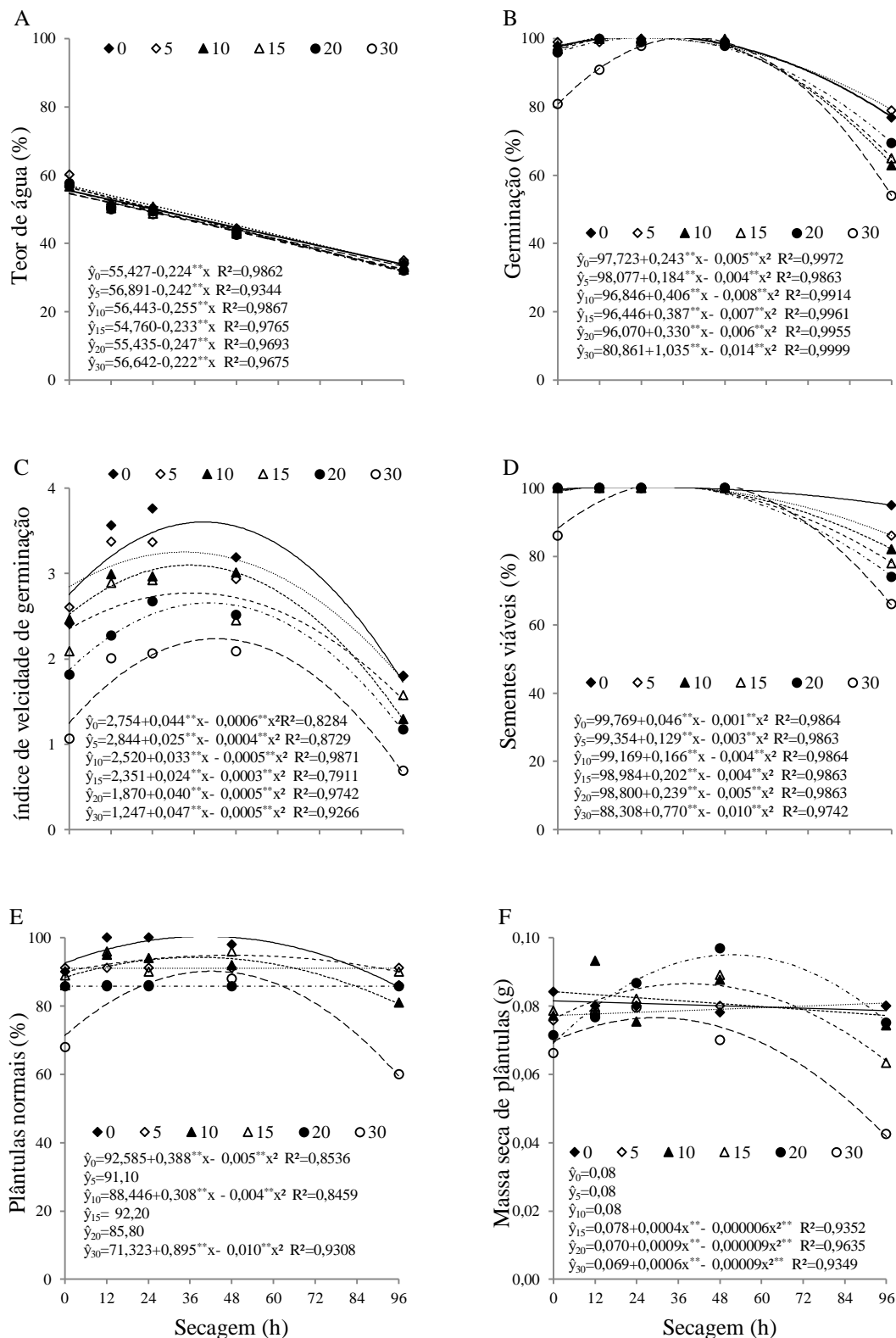


Figura 1. Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação (C), sementes viáveis (D), plântulas normais (E) e massa seca de plântulas (F) de sementes de jaboticaba após o hidrocondicionamento e diferentes tempos de armazenamento. *, **Significância em nível de 5 e 1%, respectivamente. \hat{y}_0 - 0 dias de armazenamento; \hat{y}_5 - 5 dias de armazenamento; \hat{y}_{10} - 10 dias de armazenamento; \hat{y}_{15} - 15 dias de armazenamento; \hat{y}_{20} - 20 dias de armazenamento; \hat{y}_{30} - 30 dias de armazenamento.

Após o hidrocondicionamento, as sementes de jabuticaba passaram pelo processo de secagem visando reduzir o alto teor de água alcançado pelo procedimento. A secagem parcial das sementes pode permitir a sua conservação por um maior período de tempo e impedir a germinação durante o armazenamento (OLIVEIRA et al., 2015).

As sementes de jabuticaba são classificadas como recalcitrantes e, portanto, devem ser mantidas com alto teor de água para manter a viabilidade e vigor (FARRANT et al., 1988; BERJAK; PAMMENTER, 2013). O teor de água deve ser mantido em um nível adequado, considerando que esta variável está diretamente relacionada com a preservação da viabilidade e germinação, baseando-se no princípio da intolerância à dessecação inerente às sementes recalcitrantes (OLIVEIRA et al., 2015).

A perda de água, com o processo de secagem para sementes recalcitrantes, pode causar alterações metabólicas, resultando em deterioração das mesmas (PAMMENTER; BERJAK, 1999). As sementes recalcitrantes apresentam perda da viabilidade quando o teor de água é menor do que aquele considerado crítico, e quando este é menor que aquele considerado letal, há perda total da viabilidade (PROBERT; LONGLEY, 1989; PRITCHARD, 1991; HONG; ELLIS, 1992).

As sementes recalcitrantes podem perder a viabilidade com a secagem, quando alcançam teor de água de 20 a 33%, principalmente porque nesses teores, ocorrem alterações no metabolismo e há menor eficiência nos mecanismos de reparo (MARCOS FILHO, 2015). Após o hidrocondicionamento, as sementes atingem teores de água relativamente elevados e inadequados para a conservação do potencial fisiológico durante o armazenamento (ARAÚJO et al., 2011). Assim, a condução da secagem das sementes deve ser realizada de maneira correta para minimizar a possibilidade de reversão dos efeitos benéficos do tratamento (MARCOS FILHO; KIKUTI, 2008). No presente estudo, a secagem das sementes de jabuticaba após o hidrocondicionamento pelos tempos de 12; 24 e 48 h aumentou a porcentagem de germinação (Figura 1B).

Analisando a porcentagem de germinação, o índice de velocidade de germinação e a porcentagem de sementes viáveis observou-se um efeito quadrático negativo para as horas de secagem em todos os tempos de armazenamento estudados, com menores médias após o período de 96 horas (Figura 1B, C e D). A porcentagem de germinação após 12; 24 e 48 h de secagem apresentou valores acima de 90%, em todos os tempos de armazenamento estudados, sugerindo que o hidrocondicionamento foi favorável para manter a porcentagem de germinação.

O índice de velocidade de germinação após 12 h de secagem apresentou valores entre 3,60 e 2,04; após 24 h de secagem os valores no intervalo foram de 3,88 e 2,20; e após 48 h de secagem os valores foram de 3,26 a 2,14.

A porcentagem de sementes viáveis após 12; 24 e 48 h de secagem apresentou valores 100%, em todos os tempos de armazenamento estudados. Assim, de modo geral, observou-se que o hidrocondicionamento promoveu melhoria na germinação e no vigor das sementes com secagem por 12; 24 e 48 h.

O condicionamento fisiológico consiste em uma hidratação das sementes de forma controlada, com início dos processos metabólicos pré-germinativos, sem ocorrer a protrusão da raiz, que promove um alongamento da fase II. Por apresentar esse padrão de absorção de água controlada sem ocorrer a protrusão radicular (há quebra das moléculas de reserva e síntese de novos compostos para a germinação), após a hidratação é possível que ocorra uma melhoria no desempenho germinativo, aumentando o percentual, a velocidade e a uniformidade de germinação (CHEN; ARORA, 2012).

Após 96 h de secagem do hidrocondicionamento, o teor de água reduziu para valores entre 32,09 e 35,05% e a porcentagem de germinação apresentou valores de 54,00 a 79,00%. A menor germinação foi observada em sementes com menores teores de água, devido ao fato de a água ser insuficiente para a ativação do metabolismo observado na fase I do processo germinativo para as sementes iniciarem a atividade respiratória (BEWLEY; BLACK, 1994; CASTRO et al., 2004). Além do mais, sementes recalcitrantes, como as de jabuticaba, não toleram redução do teor de água, considerando que ocasiona uma redução na porcentagem de germinação e vigor das sementes, pois as sementes são extremamente sensíveis à dessecação, uma vez que os mecanismos que facilitam a tolerância à dessecação estão ausentes nessas sementes (BERJAK; PAMMENTER, 2013).

Notou-se que a porcentagem de germinação reduz de forma quadrática para os tempos de secagem de 0 e 12 horas (Figura 2B). Já os tempos de 24; 48 e 96 horas apresentaram valores médios, sendo de 99,33; 99 e 67,92%, respectivamente. Para o índice de velocidade de germinação ocorreu um decréscimo linear em todos os tempos de secagem estudados em função do tempo de armazenamento, com maiores valores em zero e após cinco dias, e menores valores após 30 dias (Figura 2C).

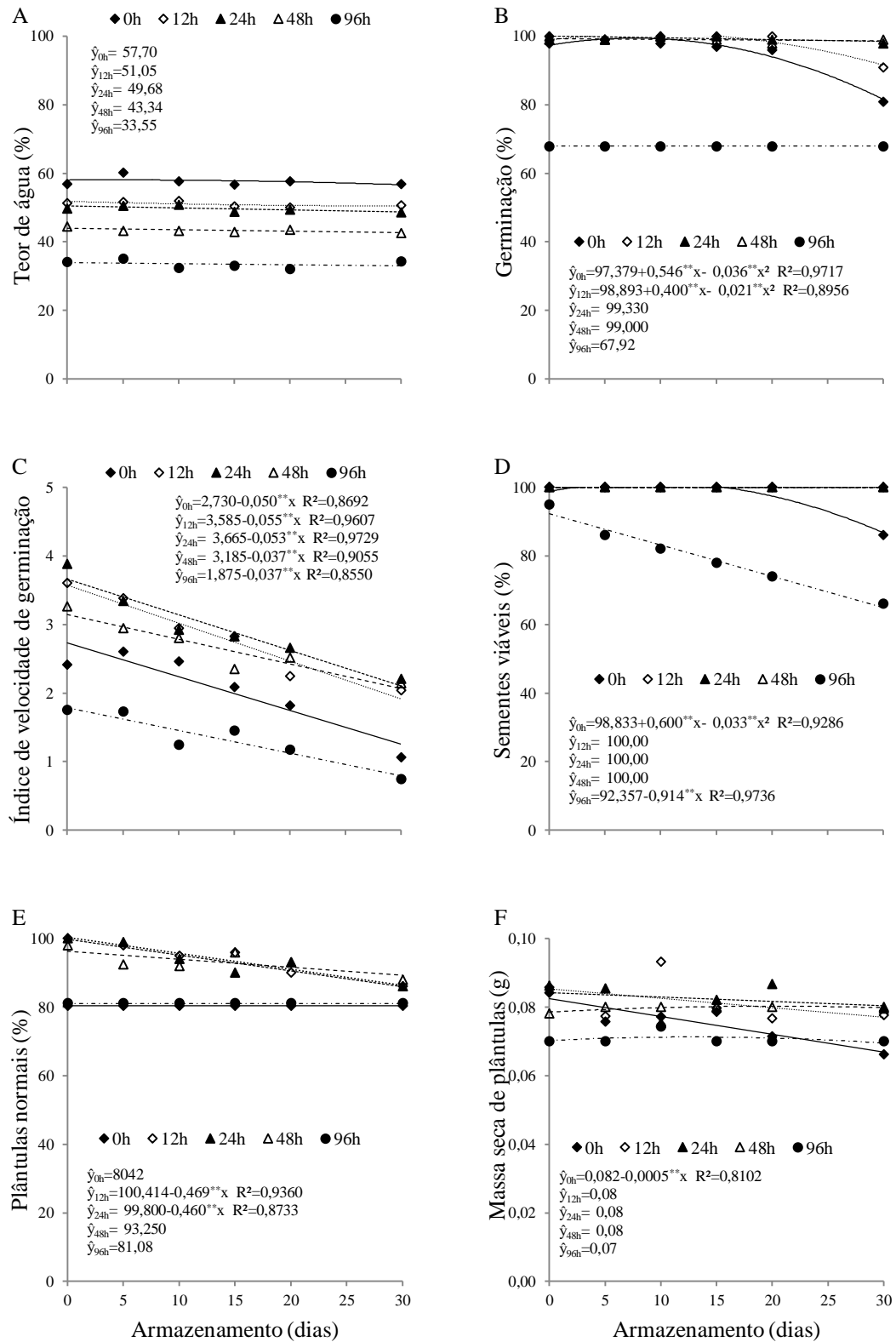


Figura 2. Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação (C), sementes viáveis (D), plântulas normais (E) e massa seca de plântulas (F) de sementes de jaboticaba após o hidrocondicionamento e diferentes tempos de armazenamento. *, **Significância em nível de 5 e 1%, respectivamente. \hat{y}_0 - sem secagem; \hat{y}_{12} - 12 h de secagem; \hat{y}_{24} - 24 h de secagem; \hat{y}_{48} - 48 h de secagem; \hat{y}_{96} - 96 h de secagem.

Analisando a porcentagem de sementes viáveis, observou-se um efeito quadrático e linear negativo para zero e após 96 horas de secagem, respectivamente, com menores valores após 30 dias de armazenamento (Figura 2D). A porcentagem de plântulas normais diminuiu de forma quadrática nos tempos de armazenamento após 0; 10 e 30 dias, com menores valores observados após 96 horas de secagem (Figura 1E).

Verificou-se que a massa seca de plântulas decresceu de forma quadrática após 15; 20 e 30 dias de armazenamento, em resposta às horas de secagem das sementes após o hidrocondicionamento (Figura 1F). Considerando as plântulas normais, observou-se uma redução linear na sua porcentagem após 12 e 24 horas de secagem, com menores valores observados após 20 dias de armazenamento (Figura 2E).

A massa seca de plântulas apresentou resposta ajustada ao modelo linear de regressão em zero hora de secagem, com menores valores obtidos após 20 dias de armazenamento das sementes (Figura 2F).

O maior acúmulo de massa seca de plântulas de sementes após o condicionamento fisiológico, conforme observado no presente estudo para os tempos de secagem 12; 24 e 48 h, nos tempos de armazenamento 0 a 20 dias pode ocorrer em função dos processos metabólicos que ocorrem durante o condicionamento, em níveis que não ocorrem, para a maioria das espécies, o início da divisão e expansão celular, mas permitem uma maior capacidade de síntese de proteínas, o que ocasiona um balanço metabólico mais favorável, gerando incrementos na germinação e, também, no crescimento e acúmulo de massa nas plântulas (TRIGO et al., 1999).

A redução da massa seca das plântulas, em decorrência do aumento do tempo de armazenamento, pode ocorrer devido ao maior consumo das reservas das sementes em função dos dias, principalmente porque para a manutenção da viabilidade por maior período é necessário o fornecimento das reservas contidas em seu interior, com consequente redução do vigor das plântulas, posteriormente (ALEGRETTI et al., 2015) observado após 15 a 20 dias de armazenamento.

O processo de hidrocondicionamento das sementes pode levar a uma ativação dos processos metabólicos e à síntese de proteínas, que levam a um balanço metabólico mais favorável, gerando incrementos no crescimento da plântula (HOLBIG et al., 2011).

A condutividade elétrica aumentou de forma quadrática após 0; 5; 10 e 15 dias de armazenamento, e linearmente após 20 e 30 dias de armazenamento das sementes, com maiores valores observados após 96 horas de secagem (19,06 a 34,38 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), sugerindo

uma possível deterioração, e menores em 0 e 24 horas (6,45 a 10,00 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), sugerindo que a secagem por 24 horas pode manter as sementes íntegras (Figura 3A).

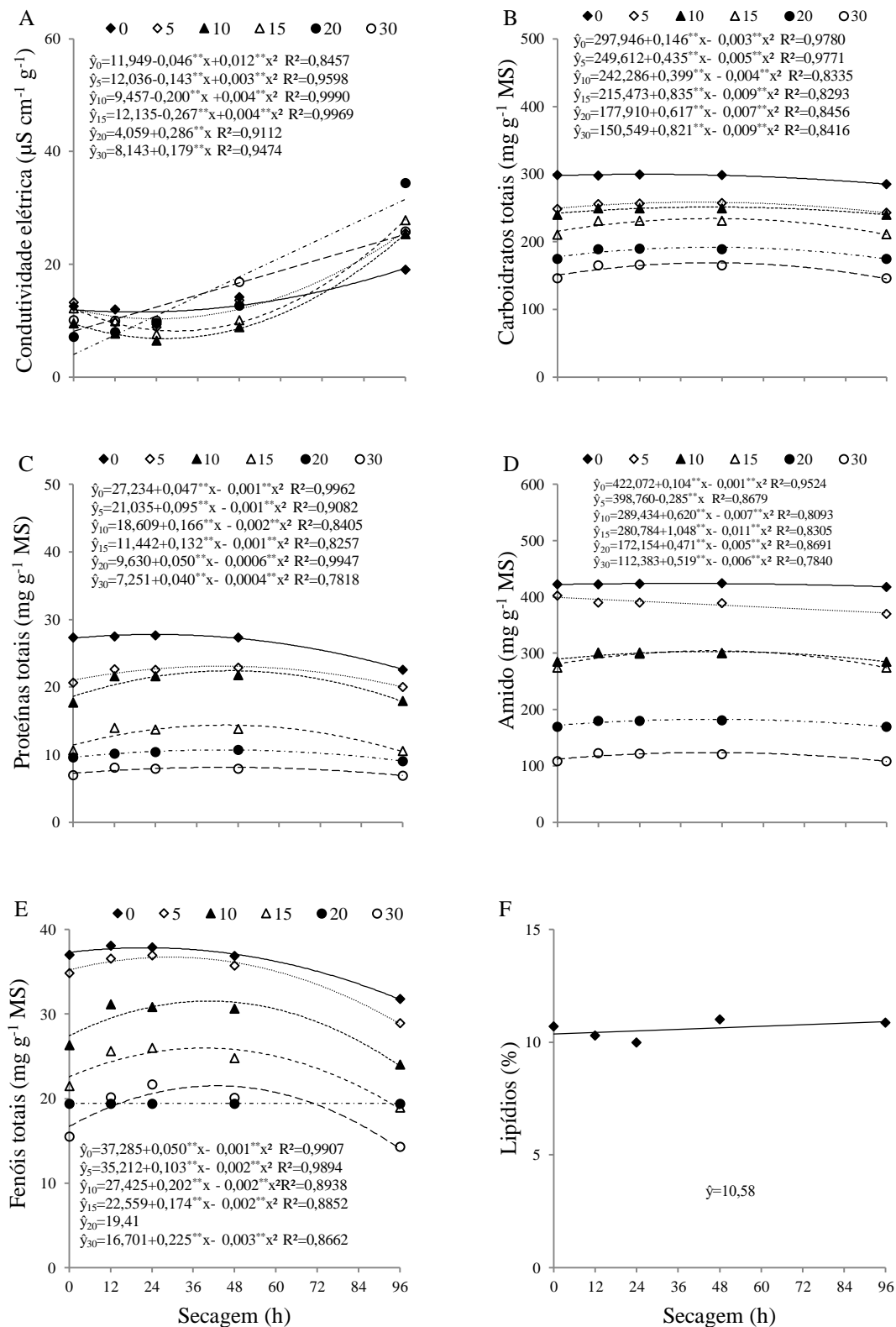


Figura 3. Conduividade elétrica (A), carboidratos totais (B), proteínas totais (C), amido (D), fenóis totais (E) e lipídios (F) de sementes de jaboticaba após o hidrocondicionamento e

diferentes tempos de armazenamento. *, **Significância em nível de 5 e 1 %, respectivamente. \hat{y}_0 - 0 dias de armazenamento; \hat{y}_5 - 5 dias de armazenamento; \hat{y}_{10} - 10 dias de armazenamento; \hat{y}_{15} - 15 dias de armazenamento; \hat{y}_{20} - 20 dias de armazenamento; \hat{y}_{30} - 30 dias de armazenamento.

Danos provocados nas membranas celulares podem ocasionar decréscimos da viabilidade e vigor de sementes durante o armazenamento (TONIN et al., 2014) e, nessa condição, observou-se maiores valores de condutividade elétrica das sementes, conforme na secagem por período de 96 h.

Considerando a composição química das sementes ao longo dos tempos de secagem, observou-se que os teores de carboidratos totais e proteínas totais não variaram expressivamente, apresentando, contudo, uma redução quadrática significativa em função dos tempos de armazenamento (Figura 3B e C). Também, os teores de fenóis totais não variaram expressivamente, ocorrendo decréscimo de forma quadrática em função dos tempos de armazenamento para 0; 5; 10; 15 e 30 dias (Figura 3E).

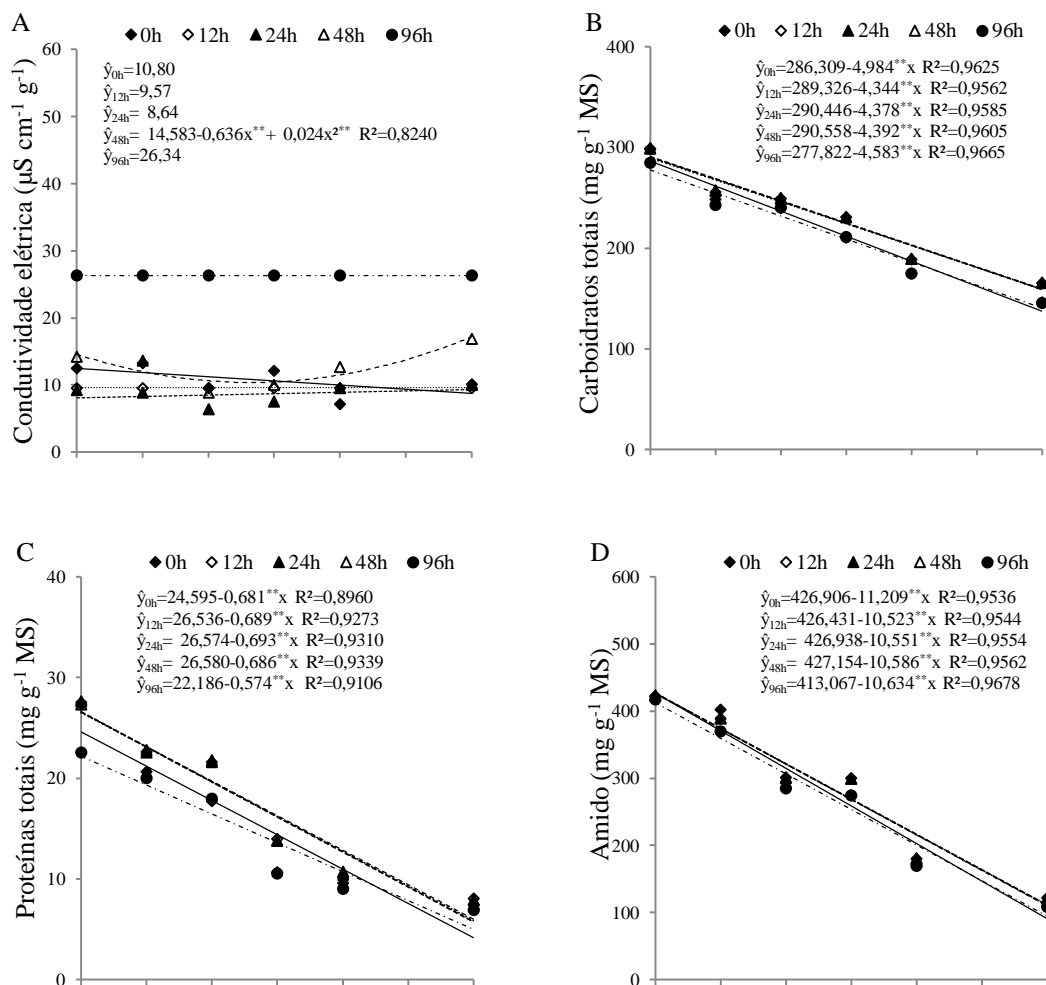
Ocorreram alterações de caráter fisiológico e bioquímico nas sementes submetidas ao condicionamento fisiológico, entre as quais foram observadas alterações na atividade de muitas enzimas associadas com o processo de germinação (ELLA et al., 2011). O hidrocondicionamento está envolvido com a síntese e ativação inicial de enzimas de quebra e mobilização de reservas (VARIER et al., 2010), o que pode refletir na mudança nos teores de proteínas totais verificados no presente estudo.

A redução do teor de carboidratos totais nas sementes de jabuticaba pode ser devido ao armazenamento das sementes com alto teor de água após o hidrocondicionamento, o que fez com que as mesmas apresentassem um gasto de açúcares para a manutenção do metabolismo. Assim, menos carboidratos ficam disponíveis para o processo germinativo, o que resulta em menor porcentagem de germinação das sementes secas por 96 horas, em relação às sementes submetidas à secagem por 12; 24 e 48 h após o hidrocondicionamento. Portanto, a germinação sob condições de excesso de água pode ser estimulada ou inibida, dependendo do tempo que as sementes permanecem na água e as espécies consideradas (KOZLOWSKI, 1997).

Para o teor de amido, observou-se uma redução quadrática após 0; 10; 15; 20 e 30 dias e linear após cinco dias em função dos tempos de secagem das sementes de jabuticaba (Figura 3D). O condicionamento fisiológico pode melhorar as atividades das amilases na germinação das sementes, possivelmente pelo avanço do processo de germinação. Sugerindo, com isso, que o condicionamento e a imersão das sementes antes da semeadura poderiam acelerar a

mobilização de carboidratos sob baixo estresse de oxigênio pela degradação parcial do amido, gerando a energia necessária para o crescimento (ELLA et al., 2011).

O teor de lipídios apresentou valor médio de 10,58% em função do tempo de secagem das sementes (Figura 3F) e aumentou linearmente em função do tempo de armazenamento, como maior valor observado após 30 dias (11,98%) e menor após cinco dias de armazenamento (9,96%) (Figura 4F).



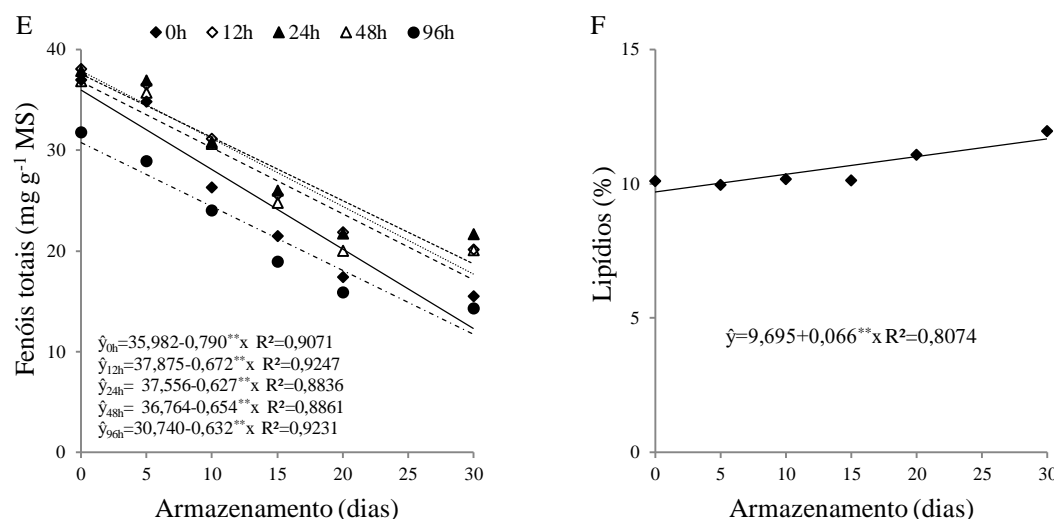


Figura 4. Condutividade elétrica (A), carboidratos totais (B), proteínas totais (C), amido (D), fenóis totais (E) e lipídios (F) de sementes de jaboticaba após o hidrocondicionamento e diferentes tempos de armazenamento. *, ** Significância em nível de 5 e 1%, respectivamente. \hat{y}_0 - sem secagem; \hat{y}_{12} - 12 h de secagem; \hat{y}_{24} - 24 h de secagem; \hat{y}_{48} - 48 h de secagem; \hat{y}_{96} - 96 h de secagem.

Possivelmente, as sementes de jaboticaba submetidas ao processo de hidrocondicionamento apresentaram um aumento da quantidade de enzimas antioxidantes, como a catalase e a superóxido dismutase, responsáveis por eliminar os radicais livres (ZHANG et al., 2007). O condicionamento fisiológico determina um estresse oxidativo, gerando espécies reativas de oxigênio e, assim, essas enzimas atuam minimizando os danos celulares (BAILLY et al., 2000; FARHOUDI et al., 2011).

Com o condicionamento fisiológico ocorre redução da peroxidação lipídica e, com isso, redução da lesão mediada por radicais livres nas membranas celulares, e conseqüentemente, menor redução no teor de lipídios. A peroxidação lipídica leva a um maior extravasamento do conteúdo celular e afeta a atividade respiratória da mitocôndria e a capacidade de fixação de carbono do cloroplasto (SCANDALIOS, 1993). Assim, o condicionamento fisiológico de sementes de jaboticaba pode, até certo ponto, ser atribuído à redução da peroxidação lipídica.

Analisando a condutividade elétrica, observou-se um efeito quadrático positivo para o tempo de secagem de 48 horas (Figura 4A). No processo de condicionamento fisiológico há uma tendência na reorganização das membranas celulares dos tecidos das sementes, com conseqüente limitação da lixiviação de íons, açúcares, aminoácidos e outros solutos que aumentam a condutividade elétrica da solução (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999). Considerando as evidências do maior vigor nas sementes condicionadas e secas por 12; 24 e 48 horas, pode-se inferir que para este lote de sementes de jaboticaba, a redução dos valores de condutividade elétrica pode auxiliar na definição do ponto ideal para esta técnica.

Os teores de carboidratos totais, proteínas totais, amido e fenóis totais diminuiram com o prolongamento do tempo de armazenamento, apresentando menores valores após 30 dias e maiores no tempo 0 dias (Figura 4B, C, D e E).

Durante o armazenamento das sementes ocorre a deterioração e, dentre os fatores responsáveis, tem-se as modificações oxidativas das proteínas (AL-MASKRI et al., 2002), que resultam na inativação de várias enzimas como as antioxidantes (TERSKIKH et al., 2008). A inativação enzimática aumenta o nível de peroxidação lipídica ocasionando um comprometimento das funções biológicas das membranas (INAYAT-UR-RAHMAN et al., 2013). Ocorre a redução do amido culminando com o aumento na disponibilidade de energia fornecida pela catálise, disponibilizando sacarose, glicose e frutose pelo desdobramento do amido, para o crescimento das plântulas (STITT; ZEEMAN, 2012). O teor de carboidratos totais também reduziu com o aumento do tempo de armazenamento. Em estudos de Hussain et al. (2015) com sementes de arroz foi possível observar que os efeitos da deterioração durante o armazenamento prolongado estão correlacionados à degradação do amido e ao aumento da hidrólise do açúcar solúvel, resultando em uma redução do teor de açúcar solúvel nas sementes.

Quanto ao tempo de armazenamento das sementes de jabuticaba, observou-se que todas as variáveis analisadas apresentaram menores médias, quando mantidas até 30 dias, e que a semente de jabuticaba reduz seu poder germinativo e seu vigor com o tempo de armazenamento. Todavia, é importante ressaltar que após 30 dias de armazenamento foi possível observar porcentagem de germinação acima de 91% para as sementes que passaram por secagem após 12; 24 e 48 horas após o hidrocondicionamento, confirmando os benefícios desta técnica.

Ainda, é possível afirmar que nas sementes de jabuticaba, a secagem por períodos de 12; 24 e 48 h não reverte os benefícios proporcionados pelo condicionamento fisiológico, corroborando com Dell'Aquila e Tritto (1990), em que o metabolismo ativado durante o período de embebição pode ser conservado após a secagem e durante o armazenamento das sementes.

6.4 CONCLUSÕES

- O hidrocondicionamento e secagem por 12; 24 e 48 horas é adequado para as sementes de jabuticaba, com manutenção da germinação e vigor;
- As sementes hidrocondicionadas, após 96 horas de secagem apresentam menor desempenho em relação às aquelas com menor período de secagem;

- As sementes recém-colhidas apresentam maior desempenho em relação aos tempos de armazenamento, e apresentam redução na germinação e no vigor com o aumento do período de armazenamento;

- Há maior degradação de carboidratos, proteínas e amido com o prolongamento do tempo de armazenamento e após 96 horas de secagem das sementes de jabuticaba.

6.5 REFERÊNCIAS

ALEGRETTI, A.L.; WAGNER JÚNIOR, A.; BORTOLINI, A.; HOSSEL, C.; ZANELA, J.; CITADIN, I. Armazenamento de sementes de cerejas-do-mato (*Eugenia involucrata*) DC. submetidas ao recobrimento com biofilmes e embalagem a vácuo. **Revista Ceres**, v.62, n.1, p.124-127, 2015.

AL-MASKRI, A.; KAHN, M.M.; AL-MANTHERIAND, O.; AL-HABSI, K. Effect of accelerated aging on lipid peroxidation, leakage and seedling vigor (RGR) in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v.39, n.4, p.330-337, 2002.

ARAÚJO, P.C.; TORRES, S.B.; BENEDITO, C.P.; PAIVA, E.P. Condicionamento fisiológico e vigor de sementes de maxixe. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.3, p.482-489, 2011.

ARAUJO, R.F.; ZONTA, J.B.; ARAUJO, E.F.; DONZELES, S.M.; COSTA, G.M. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). **Idesia (Arica)**, v.29, n.2, p.79-86, 2011.

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; CORBINEAU, F.; COME, D. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. **Seed Science and Research**, v.10, p.35-42, 2000.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2.ed. New York: Plenum, 1994. 445p.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BONJOVANI, M.R.; BARBEDO, C.J. Sementes recalcitrantes: intolerantes a baixas temperaturas? Embriões recalcitrantes de *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) T. D. Penn. toleram temperatura subzero. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.2, p.345-356, 2008.

BRADFORD, M.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. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.

BERJAK, P.; PAMMENTER, N.W. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. **Frontiers in Plant Science**, v.4, p.1-9, 2013.

CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Arned, 2004. p.149-162.

CHEN, K.; ARORA, R. Priming memory invokes seed stress-tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, p.1-13, 2012.

COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; SACHET, M.R.; AMBROSIO, R. Fenologia da floração e frutificação de Mirtáceas nativas da Floresta com Araucária. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, p.291-295, 2010.

DANNER, M.A.; CITADIN, I.; SASSO, S.A.Z.; SACHET, M.R.; MALAGI, G. Modo de reprodução e viabilidade de pólen de três espécies de jabuticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.345-352, 2011.

DELL'AQUILA, A.; TRITTO, V. Ageing and osmotic priming in wheat seeds: effects upon certain components of seed quality. **Annals of Botany**, v.65, p.21-26, 1990.

ELLA, E.S.; DIONISIO-SESE, M.L.; ISMAIL, A.M. Seed pre-treatment in rice reduces damage, enhances carbohydrate mobilization and improves emergence and seedling establishment under flooded conditions. **AoB Plants**, v.7, p.1-11, 2011.

FARHOUDI, R.; SAEEDIPOUR, S.; MOHAMMADREZA, D. The effect of NaCl seed priming on salt tolerance, antioxidant enzyme activity, proline and carbohydrate accumulation of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) under saline condition. **African Journal of Agricultural Research**, v.66, n.6, p.1363-1370, 2011.

FARRANT, J.M.; PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. Recalcitrance: a current assessment. **Seed Science & Technology**, v.16, n.1, p.155-166, 1988.

FIOR, C.S.; RODRIGUES, L.R.; CALIL, A.C.; LEONHARDT, C.; SOUZA, L.S.; SILVA, V.S. Qualidade fisiológica de sementes de guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens* (Berg) Legrand – Myrtaceae) em armazenamento. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.435-442, 2010.

GIURIZATTO, M.I.K.; ROBAINA, A.D.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao hidrocondicionamento. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.30, p.711-717, 2008.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seeds? **Seed Science and Technology**, v.3, p.881-888, 1975.

HILL, H.J.; CUNNINGHAM, J.D.; BRADFORD, K.J.; TAYLOR, A.G. Primed lettuce seeds exhibit increased sensitivity to moisture content during controlled deterioration. **HortScience**, v.42, n.6, p.1436-1439, 2007.

HODGE, J.E.; HOFREITER, B.T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J.E.; WOLFROM, M.L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press. v.1, 1962. p.380-394.

HOLBIG, L.S.; BAUDET, L.; VILLELA, F.A. Hidrocondicionamento de sementes de cebola. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p.171-176, 2011.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. Optimum air-dry seed storage environments for arabica coffee. **Seed Science and Technology**, v.20, n.3, p.547-560, 1992.

HÖSSEL, C.; OLIVEIRA, J.S.M.A.; FABIANE, K.C.; WAGNER JÚNIOR, A.; CITADIN, I. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jaboticabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.1, p.255-261, 2013.

HUSSAIN, S.; ZHENG, M.; KHAN, F.; KHALIQ, A.; FAHAD, S.; PENG, S.; HUANG, J.; CUI, K.; NIE, L. Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. **Scientific Reports**, v.5, p.8101-8113, 2015.

INAYAT-UR-RAHMAN, N.; ALI, N.; RAB, A.; SHAH, Z. Role of pre storage seed priming in controlling seed deterioration during storage. **Sarhad Journal of Agriculture**, v.29, n.3, p.379-386, 2013.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**, v.1, p.1-29, 1997.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MANHONE, P.; LOPES, J.C.; ALMEIDA, J.; VENÂNCIO, L.P.; FREITAS, A.R. Caracterização fisiológica de sementes de melão durante o armazenamento. **Magistra**, v.27, n.2, p.217-236, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2015. 495p.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A.L.P. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2, p.165-169, 2008.

OLIVEIRA, L.M.; BRUNO, R.L.A.; MENEGHELLO, G.E. Qualidade fisiológica de sementes de *Syzygium cumini* L. durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, v.25, n.4, p.921-931, 2015.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, v.9, n.1, p.13-37, 1999.

PINEDO, G.J.V.; FERRAZ, I.D.K. Hidrocondicionamento de *Parkia pendula* [Benth ex Walp]: sementes com dormência física de árvore da Amazônia. **Revista Árvore**, v.32, n.1, p.39-49, 2008.

PRITCHARD, H.W. Water potential and embryonic axis viability in recalcitrant seeds of *Quercus rubra*. **Annals of Botany**, v.67, n.1, p.43-49, 1991.

PROBERT, R.J.; LONGLEY, P.L. Recalcitrant seed storage physiology in three aquatic grasses (*Zizania palustris*, *Spartina anglica* and *Portesia coarctata*). **Annals of Botany**, v.63, n.1, p.53-63, 1989.

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiology**, v.101, p.7-12, 1993.

STITT, M.; ZEEMAN, S. Starch turnover: pathways, regulation and role in growth. **Current Opinion in Plant Biology**, v.15, p.1–11, 2012.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I quantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, n.1, p.63-68, 1959.

TEAM, R.C. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 6 ago. 2018.

TERSKIKH, V.V.; ZENG, Y.; FEURTADO, A.; GIBLIN, M.; ABRAMS, S.R.; KERMODE, A.R. Deterioration of western redcedar (*Thuja plicata* Donn ex D. Don) seeds: protein oxidation and in vivo NMR monitoring of storage oils. **Journal of Experimental Botany**, v.59, n.4, p.765-777, 2008.

TONIN, R.F.B.; FILHI, O.A.L.; LABBE, L.M.B.; ROSSETTO, M. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuaria**, v. 5, n. 1, p. 7-16, 2014.

TRIGO, M.F.O.O.; NEDEL, J.L.; LOPES, N.F.; TRIGO, L.F.N. Osmocondicionamento de sementes de cebola (*Allium cepa* L.) com soluções aeradas de polietilenoglicol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.21, n.1, p.145-150, 1999.

VARIER, A.; VARI, A.K.; DADLANI, M. The subcellular basis of seed priming. **Current Science**, v.99, n.4, p.450-456, 2010.

VIDIGAL, D.S.; LIMA, J.S.; BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.168-174, 2008.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed). **Vigor de sementes: Conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.41-46, 1999.

ZHANG, S.; HU, J.; ZHANG, Y.; XIE, X.J.; KNAPP, A. Seed priming with brassinolide improves Lucerne (*Medicago sativa* L.) seed germination and seedling growth in relation to physiological changes under salinity stress. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.58, p.811-815, 2007.

7.0 CAPÍTULO 5 – ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE JABUTICABA EM DIFERENTES EMBALAGENS: ASPECTOS FISIOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS

7.1 INTRODUÇÃO

As sementes durante o período em que ficam armazenadas em ambiente natural apresentam redução da capacidade germinativa e no vigor devido à deterioração irreversível e

inexorável, causando sérios problemas na agricultura (POPINIGIS, 1985; XIN et al., 2011; BEWLEY et al., 2013; ZHANG et al., 2016). Portanto, o estudo de condições adequadas de armazenamento, envolvendo inclusive tipos de embalagens é de suma importância a fim de viabilizar a estocagem destas sementes.

De acordo com a classificação proposta por Roberts (1973) as sementes são agrupadas em dois tipos: sementes ortodoxas toleram dessecação a baixos teores de água e podem ser armazenadas em baixas temperaturas, condições que possibilitam o armazenamento por longos períodos; e sementes recalcitrantes, as quais apresentam intolerância à dessecação, curta longevidade e intolerância às baixas temperaturas. As sementes de jabuticaba são classificadas como recalcitrantes e, não apresentam tolerância à dessecação, inviabilizando seu armazenamento, necessitando de maiores estudos para a compreensão das características complexas subjacentes à capacidade de armazenamento destas sementes (RAJJOU; DEBEAUJON, 2008; HÖSSEL et al., 2013).

O armazenamento das sementes sob elevada umidade e baixa temperatura pode não permitir a sua conservação por longo tempo, pois, nestes casos, há a possibilidade de ocorrer a germinação durante o armazenamento e, também, ocorrer contaminação por fungos (BONJOVANI; BARBEDO, 2008; FIOR et al., 2010). Vários fatores afetam a capacidade das sementes manterem sua qualidade durante o período de armazenamento e, dentre esses fatores, destacam-se as embalagens de acondicionamento, a temperatura e a umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento (POPINIGIS, 1985; TOLEDO et al., 2009).

Há vários processos fisiológicos, celulares, bioquímicos e metabólicos que podem sofrer alterações durante o armazenamento de sementes, como peroxidação lipídica, inativação de enzimas, ruptura de membranas celulares, redução da produção de energia, danos na síntese proteica, degradação de DNA e RNA (PARKHEY et al., 2012; BEWLEY et al., 2013; XU et al., 2015). Então, para a manutenção da capacidade da semente de germinar após um longo período de armazenamento é importante limitar a taxa de deterioração das sementes, reduzindo as flutuações da umidade das sementes e mantendo as condições atmosféricas ideais durante o armazenamento, com o uso de embalagens adequadas (WALTERS, 2007).

A utilização de embalagens adequadas no armazenamento das sementes é de grande importância para a manutenção da sua qualidade fisiológica. As embalagens, dependendo de suas propriedades, podem reduzir ou evitar as trocas de vapor de água entre as sementes e o meio externo, possibilitando a manutenção do teor de água inicial das sementes (CARDOSO et al., 2012; BESSA et al., 2015).

Há a necessidade de ampliar e proceder novos estudos voltados para o acondicionamento, a conservação e o armazenamento de sementes de espécies suscetíveis à dessecação, as recalcitrantes como as sementes de jabuticaba. Com isso, objetivou-se estudar alterações fisiológicas e a constituição bioquímica de sementes de jabuticaba em diferentes embalagens e tempos de armazenamento.

7.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de frutos maduros de jabuticaba (*Plinia cauliflora* (Mart.) O. Berg), colhidos nos meses de julho e agosto de 2017, no estádio de maturação completa coloração preto-arroxeadada, de 13 plantas adultas de um pomar no Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Alegre, sul do Espírito Santo, nas coordenadas 20° 45' 50" S e 41° 27' 25" W. O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes e de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES).

Os frutos foram pressionados contra uma superfície plana e firme de uma bancada e a polpa removida com a técnica da cal extinta. Após a extração, as sementes permaneceram durante 12 horas, a sombra, para a remoção do excesso de umidade, à temperatura de 25 °C. Posteriormente, as sementes foram acondicionadas nas embalagens e armazenadas sob temperatura de 6 °C, por 20 dias, sendo analisadas nos intervalos de 0; 5; 10; 15 e 20 dias.

Para o estudo da qualidade fisiológica das sementes foram analisados: **teor de água da semente (%)** - foi determinado de acordo com Brasil (2009) utilizando-se quatro repetições de 15 sementes; **germinação (%)** - foi conduzida com quatro repetições de 25 sementes para cada tratamento, semeadas em rolos de papel tipo germitest, umedecido com água destilada na proporção de três vezes a massa do papel seco, mantidos em câmara de germinação regulada à temperatura constante de 25 °C, sob luz constante, durante 35 dias; **índice de velocidade de germinação (IVG)** - foi realizado de acordo com Maguire (1962), sendo a contagem feita até o 35° dia; **primeira contagem de germinação (PCG - %)** - consistiu no registro da porcentagem de sementes com protrusão de raiz primária após 10 dias da semeadura; **tempo médio de germinação (TMG - dias)** - foi calculado de acordo com Labouriau (1983); **porcentagem de sementes viáveis (%)** - realizada de acordo com Brasil (2009), para determinar a viabilidade das sementes que não germinaram ao final do teste de germinação, utilizando-se uma solução de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio, na concentração de 1%; **porcentagem de plântulas normais (%)** - feita de acordo com Brasil (2009), no final do teste de germinação; **comprimento da parte aérea e de raiz (cm)** - foram determinados no

final do teste de germinação (BRASIL, 2009); **massas fresca e seca das plântulas (g)** - foram determinadas no final do teste de germinação, em balança analítica (0,0001 g). Após a obtenção da massa fresca, as plântulas foram acondicionadas em sacolas de papel tipo *Kraft*, mantidas em estufa e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 70 °C, por 72 horas; **porcentagem de poliembrionia (%)** - consistiu na razão do número de sementes que deram origem a mais de uma plântula pelo número de sementes que originaram plântulas; **condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)** - método adaptado da proposta de Vidigal et al. (2008), determinando-se a condutividade elétrica em condutivímetro modelo EC-1382, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes; **lixiviação de potássio ($\text{mg K}^+ \text{g}^{-1}$ sementes) e sódio ($\text{mg Na}^+ \text{g}^{-1}$ sementes)** - foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes, pesadas em balança de precisão (0,0001 g), acondicionadas em copos plásticos com 75 mL de água destilada, durante 24 horas, em câmara germinadora tipo B.O.D., a 25 °C, sob luz constante. Posteriormente, foi realizada a determinação em fotômetro de chama.

Para o estudo da composição bioquímica das sementes foi realizado o procedimento adaptado do método de Bligh e Dyer (1959), com separação dos compostos solúveis pela característica de sua natureza hidrofílica ou hidrofóbica; **carboidratos totais** pelo método de Hodge e Hofreiter (1962); **proteínas totais** pelo método de Bradford (1976); **amido** foi determinado primeiramente pelo processo de hidrólise ácida do amido das amostras em mono, di e oligossacarídeos que, posteriormente, foram submetidos à reação com Antrona (HODGE; HOFREITER, 1962); **fenóis totais** foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu (SWAIN; HILLIS, 1959); as fibras foram determinadas do pellet restante da extração do amido pela secagem em estufa de circulação forçada à temperatura de 60 °C até peso constante (48 horas); **lipídios totais** foram determinados pelo método gravimétrico.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições para a análise da qualidade fisiológica e três repetições de 25 sementes em duplicatas para as análises bioquímicas, em esquema de parcelas subdivididas. Na parcela analisaram-se duas embalagens de armazenamento (saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura e saco de papel tipo *kraft*) e nas subparcelas cinco tempos de armazenamento (0; 5; 10; 15 e 20 dias).

Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi realizada utilizando-se o teste F, em nível de 5% de probabilidade para os fatores qualitativos (embalagens) e para os fatores quantitativos (tempos de armazenamento) foi realizada a análise de regressão. Foi utilizado o software R (TEAM, 2018).

7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água das sementes de jabuticaba foi monitorado durante o armazenamento nas duas embalagens estudadas, com valores variando entre 11,16 e 54,50%. Verificou-se que o teor de água das sementes decresceu linearmente em resposta ao armazenamento nas duas embalagens estudadas, sendo esta redução mais acentuada no saco de papel tipo *kraft*, com grandes oscilações em relação ao teor inicial (Tabela 1, Figura 1A).

Tabela 1. Teor de água (TA), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem da germinação (PCG), tempo médio de germinação (TMG), sementes viáveis (SV) e plântulas normais (PN) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.

Embalagens	Armazenamento (dias)				
	0	5	10	15	20
	TA (%)				
plástico	53,30a ⁽¹⁾	54,50a	46,54a	44,00a	39,05a
papel <i>kraft</i>	53,00a	51,42b	40,02b	23,93b	11,16b
	G (%)				
plástico	99,00a	98,00a	97,00a	90,00a	89,00a
papel <i>kraft</i>	97,00a	90,00b	89,00b	74,00b	14,00b
	IVG				
plástico	2,75a	2,26a	1,89a	1,74a	1,58a
papel <i>kraft</i>	1,89b	1,74b	1,67b	1,58b	0,22b
	PCG (%)				
plástico	75,00a	45,00a	33,00a	18,00a	14,00a
papel <i>kraft</i>	42,75b	29,50b	18,00b	11,50b	14,00a
	TMG (dias)				
plástico	12,50b	14,75b	16,25a	17,00b	21,73b
papel <i>kraft</i>	15,50a	16,25a	17,00a	23,27a	33,48a
	SV (%)				
plástico	100,00a	100,00a	100,00a	96,00a	90,00a
papel <i>kraft</i>	100,00a	96,00b	90,00b	81,50b	14,00b
	PN (%)				
plástico	100,00a	81,00a	75,40a	73,00a	54,50b
papel <i>kraft</i>	100,00a	77,50b	73,00a	66,50b	58,00a

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F ($p \leq 0,05$).

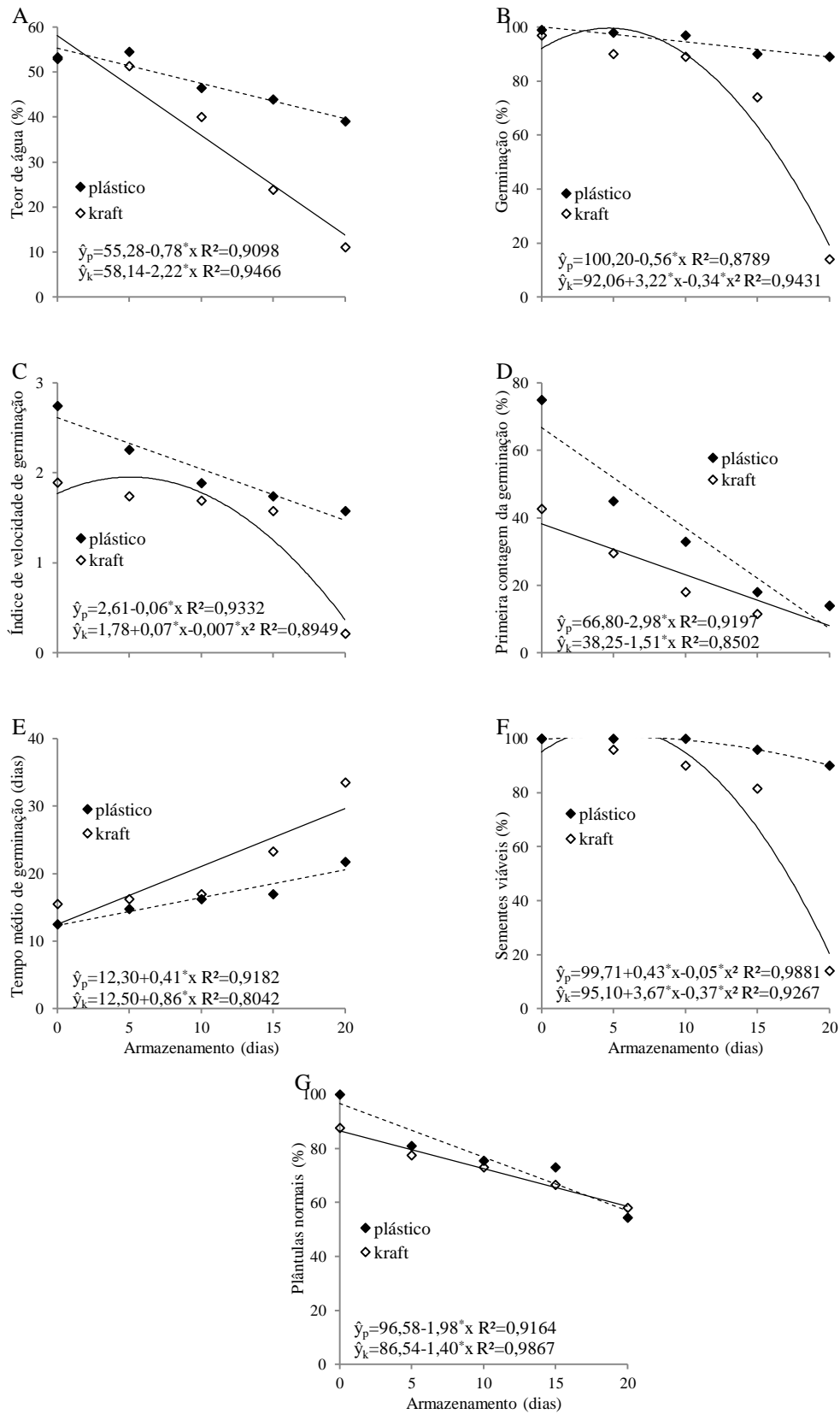


Figura 1. Teor de água (A), germinação (B), índice de velocidade de germinação - IVG (C), primeira contagem da germinação - PCG (D), tempo médio de germinação - TMG (E), sementes viáveis (F) e plântulas normais (G) de sementes de jaboticaba em diferentes

embalagens e diferentes tempos de armazenamento. *Significância em nível de 1%. \hat{y}_p - saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura; \hat{y}_k - saco de papel tipo *kraft*.

Com relação à embalagem de saco de papel tipo *kraft* a redução mais drástica da umidade foi observada após 20 dias (11,16%) (Tabela 1, Figura 1A). Ao final do período analisado, as sementes armazenadas no saco plástico apresentavam maior umidade (39,05%) com germinação de 89% de germinação comparadas àquelas armazenadas sob saco de papel tipo *kraft*, que apresentavam teor de água de 11,16% com 14% de germinação (Tabela 1). A diferença no teor de água observada nas sementes ocorreu em função do tipo de embalagem utilizado, considerando que as embalagens de sacos de papel tipo *kraft* são permeáveis e permitiram maior oscilação no teor de água das sementes com o ambiente de armazenamento, enquanto os sacos plásticos são mais impermeáveis e as sementes apresentaram menor oscilação do teor de água. Este comportamento foi similar ao observado por Martins et al. (2009), em sementes de *Tabebuia chrysotricha* que apresentaram menor valor de troca gasosa com o meio no qual se encontravam, devido à impermeabilidade das embalagens plásticas.

A manutenção da germinação e a longevidade das sementes variam em função da manutenção do teor de água (OLIVEIRA et al., 2015). As trocas de vapor de água entre as sementes e a atmosfera e as condições ambientais ocorrem em função do tipo de embalagem utilizado no acondicionamento e exercem influência no seu grau de deterioração (POPINIGIS, 1985; MARCOS FILHO, 2015).

Maiores valores para germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação, tempo médio de germinação, porcentagem de sementes viáveis e plântulas normais foram observados nas sementes armazenadas em saco plástico ao longo do período de armazenamento (Tabela 1).

Analisando a porcentagem de germinação, observou-se efeito linear e quadrático negativo para o saco plástico e saco de papel tipo *kraft*, respectivamente, com maiores médias nas sementes antes do armazenamento (zero dias) (Figura 1B). A baixa porcentagem de germinação observada após 20 dias de armazenamento em saco de papel tipo *kraft* com valor de 14%, está associada à deterioração de sementes, conforme verificado na Tabela 1 e Figura 1B.

A porcentagem de germinação diminuiu com o prolongamento do tempo de armazenamento, apresentando menores valores em saco de papel tipo *kraft*, principalmente, porque nessas condições ocorreram maiores trocas gasosas com o meio externo, determinando

uma redução significativa no teor de água das sementes, com consequente aumento da deterioração, devido à recalitrância das sementes (HÖSSEL et al., 2013).

Considerando o índice de velocidade de germinação das sementes, houve um decréscimo de forma linear em sementes armazenadas em saco plástico, durante o tempo de armazenamento; em sementes armazenadas em sacos de papel tipo *kraft* o índice de velocidade de germinação também diminuiu com o tempo de armazenamento das sementes, com ajuste ao modelo quadrático, ambos com maiores valores observados no tempo inicial de armazenamento (zero dias) (Figura 1C).

A primeira contagem da germinação e a porcentagem de plântulas normais diminuíram linearmente com o tempo de armazenamento das sementes nas duas embalagens estudadas (Figura 1D e G). O tempo médio de germinação aumentou linearmente com aumento do tempo de armazenamento das sementes nas duas embalagens estudadas (Figura 1E). Houve decréscimo na porcentagem de sementes viáveis de forma quadrática, com o tempo de armazenamento nas duas embalagens (Figura 1F).

A embalagem usada para o armazenamento das sementes deve ser adequada para preservar a viabilidade e o vigor, limitando as trocas de água com o ambiente circundante, o qual poderá acelerar o processo de deterioração (MARCOS FILHO, 2015). De acordo com os dados do presente estudo, a embalagem plástica é mais adequada que a de papel tipo *kraft*. Considerando nas análises a redução da porcentagem de germinação, do índice de velocidade de germinação, da porcentagem de sementes viáveis, das plântulas normais; o aumento do tempo médio de germinação; e o incremento da deterioração ao longo do período de armazenamento, os dados evidenciam uma redução no vigor das sementes durante esse período, sendo mais acentuado naquelas sementes armazenadas em saco de papel tipo *kraft*. Este resultados corroboram com aqueles obtidos por Ferreira et al. (2010), que constataram menor perda de vigor em sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. armazenadas por 180 dias, em saco de polietileno; e com Souza et al. (2011), os quais observaram que sementes de *Geoffroea spinosa* Jacq. acondicionadas nas embalagens de papel perderam rapidamente a viabilidade e o vigor, a partir dos 30 dias de armazenamento.

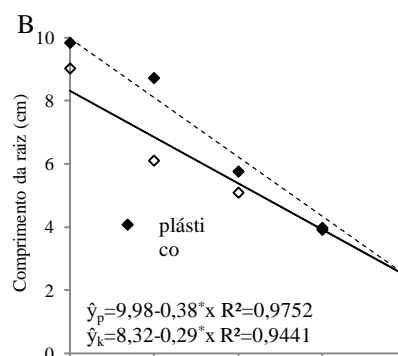
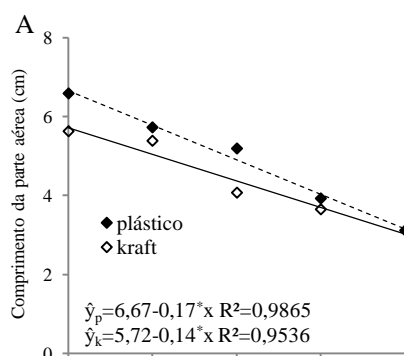
As sementes armazenadas em saco plástico apresentaram maiores valores para o comprimento da parte aérea e de raiz, massa fresca e seca de plântulas e porcentagem de poliembrionia. Observou-se uma redução linear nos valores de comprimento da parte aérea e de raiz, massa fresca e seca de plântulas em função do tempo de armazenamento nas duas embalagens estudadas, com menores valores após 20 dias (Tabela 2 e Figura 2A, B, C e D). Similarmente, observou-se uma redução quadrática e linear nas sementes armazenadas em

saco plástico e sacos de papel tipo *kraft*, respectivamente, em função do tempo de armazenamento (Figura 2E).

Tabela 2. Comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa fresca (MFP) e seca (MSP) de plântulas, poliembrionia (PE), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LP) e lixiviação de sódio (LS) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.

Embalagens	Armazenamento (dias)				
	0	5	10	15	20
	CPA (cm)				
plástico	6,58a ⁽¹⁾	5,73a	5,19a	3,92a	3,11a
papel <i>kraft</i>	5,63b	5,38b	4,07b	3,65a	3,12a
	CR (cm)				
plástico	9,83a	8,73a	5,75a	3,97a	2,81a
papel <i>kraft</i>	9,03b	6,10b	5,08b	3,92a	2,78a
	MFP (g)				
plástico	0,39a	0,33a	0,31a	0,26a	0,23a
papel <i>kraft</i>	0,34b	0,28b	0,31a	0,26a	0,22a
	MSP (g)				
plástico	0,09b	0,10a	0,09a	0,08a	0,07a
papel <i>kraft</i>	0,10a	0,10a	0,08b	0,08a	0,07a
	PE (%)				
plástico	64,98a	52,08a	51,14a	58,27a	34,30a
papel <i>kraft</i>	65,68a	51,15a	42,77b	34,55b	29,84b
	CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)				
plástico	20,82b	22,03b	24,98b	27,16b	39,84b
papel <i>kraft</i>	28,80a	46,03a	76,05a	118,03a	137,17a
	LP ($\text{mg K}^+ \text{g}^{-1}$ sementes)				
plástico	5,65a	6,00b	5,85b	22,60b	93,31b
papel <i>kraft</i>	6,00a	7,98a	10,10a	30,28a	110,15a
	LS ($\text{mg Na}^+ \text{g}^{-1}$ sementes)				
plástico	1,10b	1,25b	1,20b	1,20b	2,00a
papel <i>kraft</i>	1,52a	1,85a	1,98a	2,10a	2,05a

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F ($p \leq 0,05$).



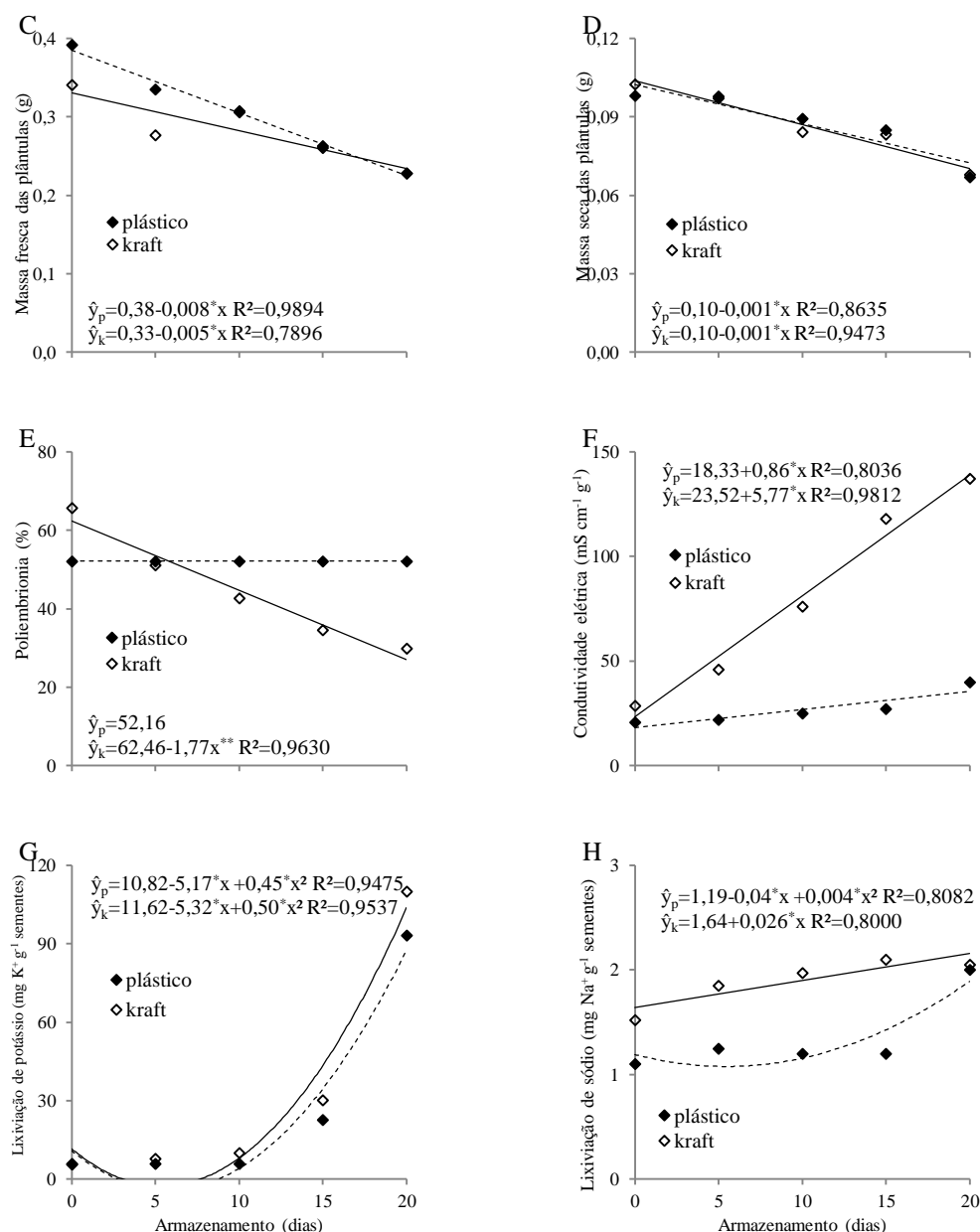


Figura 2. Comprimento da parte aérea (A), comprimento de raiz (B), massa fresca (C) e seca (D) de plântulas, poliembrionia (E), condutividade elétrica (F), lixiviação de potássio (G) e lixiviação de sódio (H) de sementes de jaboticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento. *Significância em nível de 1%. \hat{y}_p - saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura; \hat{y}_k - saco de papel tipo *kraft*.

O vigor determina o máximo desempenho das sementes nos processos de germinação e emergência de plântulas, com consequente manifestação de características que determinam o potencial para a emergência rápida e uniforme de plântulas às diversas situações ambientais (OHLSON et al., 2010; AMARO et al., 2015). Várias características fisiológicas e bioquímicas relacionam-se com o vigor das sementes e, dentre elas, destacam-se a composição química e a atividade enzimática. Ao longo do tempo de armazenamento das sementes pode ocorrer redução do vigor e perda da viabilidade em função do consumo das

substâncias de reserva disponíveis. O processo de deterioração pode apresentar várias alterações, como: esgotamento das reservas, alteração da composição química, alterações nas membranas celulares, afetando a integridade e aumentando a permeabilidade e desorganização da membrana (ZONTA et al., 2014). Por este motivo, foram analisados os aspectos bioquímicos relacionados à qualidade fisiológica das sementes armazenadas nas duas embalagens.

Observou-se um rápido aumento na condutividade elétrica da solução de embebição de sementes já nos cinco primeiros dias de armazenamento no saco de papel tipo *kraft* (Figura 2F), sendo o aumento de 28,80 para 46,15 $\text{mS cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ (Tabela 2). As sementes armazenadas no saco plástico apresentaram menores valores para condutividade elétrica em relação às aquelas armazenadas em saco de papel tipo *kraft* em todo o período de armazenamento estudado, resultando em menor lixiviação de solutos do meio intracelular. No presente estudo, ocorreu a lixiviação dos solutos orgânicos, proporcionando um aumento da condutividade elétrica das sementes, cujo comportamento foi linear nas duas embalagens estudadas. Os maiores valores foram observados após 20 dias do armazenamento das sementes, atingindo valores de 39,84 e 137,17 $\text{mS cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ nas embalagens plástica e papel *kraft*, respectivamente (Figura 2F).

Também se observou menores valores de lixiviação de potássio e sódio no saco plástico, com menores valores no tempo inicial (Tabela 2). Com o prolongamento do tempo de armazenamento ocorreu um aumento quadrático da lixiviação de potássio das sementes nas duas embalagens estudadas (Figura 2G) e aumento quadrático e linear naquelas acondicionadas em saco plástico e papel tipo *kraft*, respectivamente, para a lixiviação de sódio (Figura 2H).

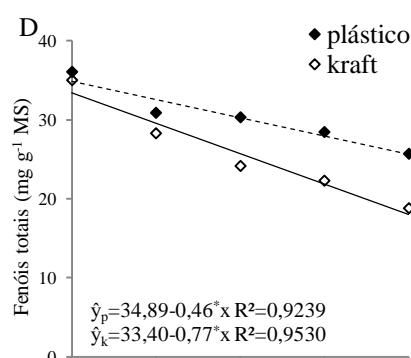
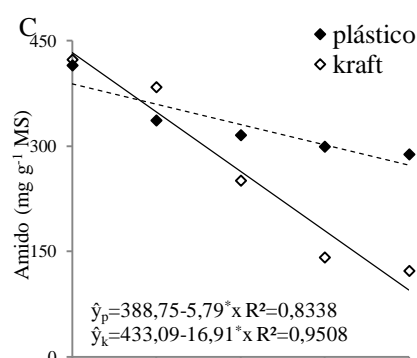
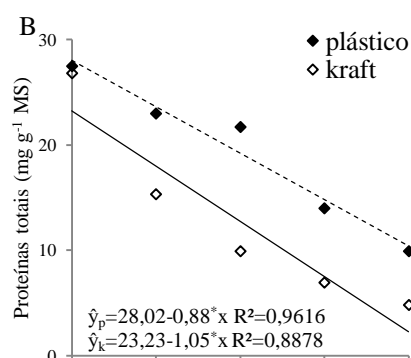
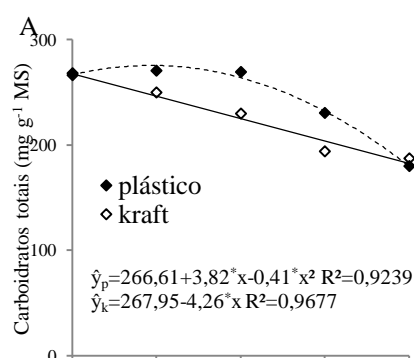
A capacidade de armazenamento de sementes pode ser determinada pela composição química das sementes maduras, visto que os componentes químicos servem como fonte de energia para as sementes (HU et al., 2014), e a degradação dos compostos de reserva anterior à mobilização direcionada para a germinação, pode indicar a deterioração e a perda da viabilidade.

Considerando a composição química das sementes durante o armazenamento, os carboidratos apresentaram maiores valores entre o tempo inicial e após 15 dias de armazenamento em saco plástico (Tabela 3). Uma redução dos valores de carboidratos totais quadrática nas sementes acondicionadas em saco plástico após 15 dias e linear naquelas armazenadas em saco de papel tipo *kraft* após o tempo inicial (Tabela 3 e Figura 3A).

Tabela 3. Carboidratos totais (CT), proteínas totais (PT), amido (AM), fibras (FIB) e fenóis totais (FT) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.

Embalagens	Armazenamento (dias)				
	0	5	10	15	20
	CT (mg g ⁻¹ MS)				
plástico	268,29a	270,35a	269,43a	230,02a	179,88b
papel kraft	266,07b	249,51b	229,82b	194,10b	187,32a
	PT (mg g ⁻¹ MS)				
plástico	27,48a	22,96a	21,69a	13,98a	9,93a
papel kraft	26,80b	15,30b	9,92b	6,92b	4,80b
	AM (mg g ⁻¹ MS)				
plástico	423,15a	336,79b	315,47a	299,09a	288,44a
papel kraft	414,39b	383,49a	250,69b	140,89b	121,67b
	FT (mg g ⁻¹ MS)				
plástico	36,03a	30,89a	30,28a	28,44a	20,75a
papel kraft	35,01b	28,31b	24,13b	22,24b	18,77b
	FIB (%)				
plástico	13,23a	12,10a	11,27b	10,31b	9,46a
papel kraft	12,98a	12,47a	12,55a	11,75a	10,30a

*Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste F (p ≤ 0,05).



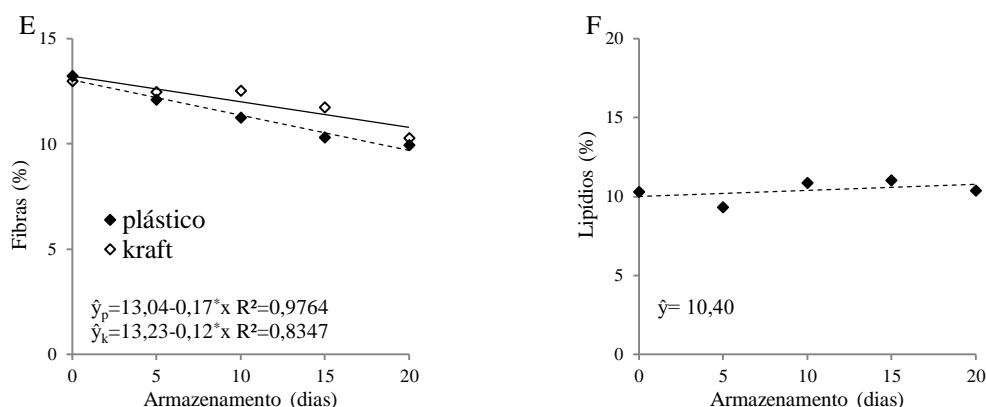


Figura 3. Carboidratos totais (A), proteínas totais (B), amido (C), fenóis totais (D), fibras (E) e lipídios (F) de sementes de jaboticaba em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento. *Significância em nível de 1%. \hat{y}_p - saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura; \hat{y}_k - saco de papel tipo *kraft*.

A degradação das reservas teve início com a embebição das sementes, antes do início da germinação, no entanto, estas reservas podem ser insuficientes para que o processo germinativo ocorra normalmente (POPINIGIS, 1985). No entanto, a composição química das sementes após a maturação é que determina o seu potencial de armazenamento. Os componentes químicos das sementes devem servir como fonte de energia (HU et al., 2014). A redução da viabilidade das sementes ao longo do tempo de armazenamento pode ocorrer pela quantidade de reservas, que é consumida rapidamente durante o processo de germinação (ABBADE; TAKAKI, 2012).

Os carboidratos dos grupos dos açúcares não redutores podem servir como indicadores do armazenamento das sementes, principalmente porque contribuem para a manutenção do estágio vítreo dos compartimentos intracelulares, reduzindo os efeitos causados pelo envelhecimento (LEHNER et al., 2008).

A redução do teor de carboidratos pode ser devido ao metabolismo da sacarose, que atuou como fonte de carbono para o embrião das sementes de jaboticaba (LOZANO-ISLA et al., 2018). Alterações nos teores de carboidratos solúveis podem auxiliar na redução do vigor das sementes visto que a presença desses açúcares nas sementes com redução do teor de água pode atuar como um componente de proteção ou reduzir as mudanças deterioradas que ocorrem durante o armazenamento das sementes (BERNAL-LUGO; LEOPOLD, 1992). Com o prolongamento do tempo de armazenamento das sementes espera-se que ocorra redução nos teores de açúcares solúveis e amido (MONCALEANO-ESCANDON et al., 2013; MARCOS FILHO, 2015).

Maiores valores de proteínas totais, amido e fenóis totais foram observados nas sementes armazenadas em saco plástico e menores valores de fibras entre 10 e 15 dias na embalagem plástica (Tabela 3). Os teores de proteínas totais, amido, fenóis totais e fibras das sementes armazenadas nas duas embalagens apresentaram redução linear à medida que ocorreu um prolongamento no tempo de armazenamento (Figura 3B, C, D e E).

As sementes apresentam um ou mais grupos de proteínas que servem para fornecer aminoácidos para o processo de germinação e crescimento de plântulas. Essas proteínas de armazenamento são importantes por determinarem não apenas o conteúdo total de proteína da semente, mas também sua qualidade para vários processos finais no metabolismo (SHEWRY et al., 1995). Durante o armazenamento das sementes observou-se redução no teor de proteínas, possivelmente porque ocorreu um declínio na biossíntese de proteínas e ácidos nucleicos (BRAY; CHOW, 1976; CRUZ-GARCIA et al., 1995). A redução do conteúdo ou a degradação das proteínas afeta a germinação das sementes, porque são moléculas que atuam como substâncias de reserva ou catalisam reações, e que podem ser consideradas como marcadores de degradação (SILVA et al., 2011; MARCOS FILHO, 2015).

A peroxidação lipídica determina redução no teor de lipídios durante o período de armazenamento, podendo influenciar no processo de deterioração, com consequente perda da viabilidade das sementes. Na deterioração, ocorrem danos à membrana celular e, portanto, geração de subprodutos tóxicos. Além do mais, ocorrem alterações enzimáticas, como degradação e inativação de enzimas (VIDIGAL et al., 2009; SHARMA et al., 2012; ABREU et al., 2013). As enzimas desempenham um papel importante durante o armazenamento de sementes e alterações na sua atividade podem indicar perda de qualidade. Todas as sementes passam por um processo de envelhecimento durante o armazenamento em longo prazo, com taxa de deterioração variando de acordo com o tipo de espécie, condições atmosféricas e disponibilidade de oxigênio (SHABAN, 2013).

Possivelmente, também, a redução nas proteínas totais teve relação com a mobilização das proteínas estruturais para gerar esqueletos de carbono para respiração ou aminoácidos como solutos compatíveis, permitindo a manutenção da respiração das sementes de jabuticaba (LOZANO-ISLA et al., 2018).

Não houve interação significativa entre embalagem e tempo de armazenamento das sementes para os teores de lipídios. Nas duas embalagens e ao longo do tempo de armazenamento não se observou diferença estatística (Tabela 4 e Figura 3F).

Tabela 4. Lipídios (LIP) de sementes de jabuticaba armazenadas em diferentes embalagens por diferentes tempos de armazenamento.

Embalagens	LIP (%)
plástico	10,94a
papel <i>kraft</i>	9,86a

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

Essas alterações fisiológicas e bioquímicas observadas no armazenamento das sementes de jabuticaba, como a redução da germinação, degradação das proteínas e lipídios, aumento da condutividade elétrica e lixiviação de sódio e potássio estão associados a peroxidação lipídica, inativação enzimática, ruptura de membranas celulares, diminuição da produção de energia, defeitos na síntese proteica e degradação de DNA e RNA (PARKHEY et al., 2012; BEWLEY et al., 2013; XU et al., 2015), alterações metabólicas que afetam diretamente a qualidade fisiológica das sementes, sua germinação e o seu vigor.

7.4 CONCLUSÕES

- Sementes de jabuticaba de frutos recém-colhidos apresentam maior qualidade fisiológica do que as sementes armazenadas;
- A melhor embalagem para armazenamento de sementes de jabuticaba é o saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura por 20 dias;
- Sementes de jabuticaba acondicionadas em embalagens plásticas transparentes apresentam maiores porcentagens de germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem da germinação e sementes viáveis do que as acondicionadas e armazenadas em sacos de papel tipo *kraft*;
- Há maior degradação de carboidratos e proteínas nas sementes acondicionadas e armazenadas em sacos de papel tipo *kraft*;
- Ocorre redução na germinação e no vigor das sementes de jabuticaba com o aumento do tempo de armazenamento;
- Há maior degradação de carboidratos, proteínas e amido das sementes de jabuticaba com o prolongamento do tempo de armazenamento.

7.5 REFERÊNCIAS

ABBADE, L.C.; TAKAKI, M. Mobilisation of reserves during germination of seeds of *Tabebuia roseoalba* (Bignoniaceae). **Seed Science and Technology**, v.40, p.259-264, 2012.

ABREU, L.A.S.; CARVALHO, M.L.M.; GOMES PINTO, C.A.; KATAOKA, V.Y.; SILVA, T.T.A. Deterioration of sunflower seeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p.240-247, 2013.

AMARO, H.T.R.; DAVID, A.M.S.S.; ASSIS, M.O.; RODRIGUES, B.R.A.; CANGUSSÚ, L.V.S.; OLIVEIRA, M.B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v.38, n.3, p.383-389. 2015.

BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A.C. Alterações nos carboidratos solúveis durante o armazenamento de sementes. **Plant Physiology**, v.98, p.1207-1210, 1992.

BESSA, J. F.V.; DONADON, J.R.; RESENDE, O.; ALVES, R.M.V.; SALES, J.D.F.; COSTA, L.M. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I - Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.224-230, 2015.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3rd ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.

BONJOVANI, M.R.; BARBEDO, C.J. Sementes recalcitrantes: intolerantes a baixas temperaturas? Embriões recalcitrantes de *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) T. D. Penn. toleram temperatura subzero. **Revista Brasileira de Botânica**, v.31, n.2, p.345-356, 2008.

BRADFORD, M.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. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.

BRAY, C.M.; CHOW, T.Y. Lesões em ribossomos de tecido do eixo embrionário de ervilha não viável (*Pisum arvense*). **Biochimica et Biophysica Acta**, v.422, p.14-23, 1976.

CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F.S.; CARDOSO, E.D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.3, p.272-278, 2012.

CRUZ-GARCIA, F.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, V.A.; MOLINA-MORENO, J.; RAMOS, J.M.V. Deterioração da semente e respiração relacionadas ao metabolismo do DNA na germinação de milho. **Seed Science and Technology**, v.23, p.477-486, 1995.

FERREIRA, E.G.B.S.; MATOS, V.P.; FERREIRA, R.L.C.; SALES, A.G.F.A.; SENA, L.H.M. Vigor das sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. sob diferentes condições de armazenamento e embalagens. **Ciência Florestal**, v.20, n.2, p.295-305, 2010.

FIOR, C.S.; RODRIGUES, L.R.; CALIL, A.C.; LEONHARDT, C.; SOUZA, L.S.; SILVA, V.S. Qualidade fisiológica de sementes de guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens* (Berg) Legrand – Myrtaceae) em armazenamento. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.435-442, 2010.

HODGE, J.E.; HOFREITER, B.T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J.E.; WOLFROM, M.L. (Ed.). **Methods in carbohydrate chemistry**. New York: Academic Press. v.1, 1962. p.380-394.

HÖSSEL, C.; OLIVEIRA, J.S.M.A.; FABIANE, K.C.; WAGNER JÚNIOR, A.; CITADIN, I. Conservação e teste de tetrazólio em sementes de jabuticaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.1, p.255-261, 2013.

HU, C.; SHI, J.; QUAN, S.; CUI, B.; KLEESSEN, S.; NIKOLOSKI, Z.; TOHGE, T.; ALEXANDER, D.; GUO, L.; LIN, H.; WANG, J.; CUI, X.; RAO, J.; LUO, Q.; ZHAO, X.; FERNIE, A.R.; ZHANG, D. Metabolic variation between japonica and indica rice cultivars as revealed by non-targeted metabolomics. **Scientific Reports**, v.4, p.5067, 2014.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: OEA, 1983. 174p.

LEHNER, A.; MAMADOUA, N.; POELSB, P.; COMEA, D.; BAILLYA, C.; CORBINEAUA, F. Changes in soluble carbohydrates, lipid peroxidation and antioxidante enzyme activities in the embryo during ageing in wheat grains. **Journal of Cereals Science**, v.47, n.3, p.555-565, 2008.

LOZANO-ISLA, F.; CAMPOS, M.L.O.; ENDRES, L.; BEZERRA-NETO, E.; POMPELLI, M.F. Efeitos do tempo de armazenamento de sementes e estresse salino na germinação de *Jatropha curcas* L. **Industrial Crops and Products**, v.118, p.214-224, 2018.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, FEALQ, 2ed., 2015. 660p.

MARTINS, L.; LAGO, A.A.; SALES, W.R.M. Conservação de sementes de ipê amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl.) em função do teor de água das sementes e da temperatura de armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.2, p.86-95, 2009.

MONCALEANO-ESCANDON, J.; SILVA, B.C.F.; SILVA, S.R.S.; GRANJAB, J.A.A.; ALVES, M.C.J.L.; POMPELLI, M.F. Germination responses of *Jatropha curcas* L. seeds to storage and aging. **Industrial Crops and Products**, v.44, p.684-690, 2013.

OHLSON, O.C.; KRZYZANOWSKI, F.C.; CAIEIRO, J.T.; PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, n.4, p.118-124, 2010.

OLIVEIRA, L.M.; BRUNO, R.L.A.; MENEGHELLO, G.E. Qualidade fisiológica de sementes de *Syzygium cumini* L. durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, v.25, n.4, p.921-931, 2015.

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.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: Agiplan, 1985. 289p.

RAJJOU, L.; DEBEAUJON, I. Seed longevity: survival and maintenance of high germination ability of dry seeds. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, p.796-805, 2008.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v.1, p.499-514, 1973.

SHABAN, M. Review on physiological aspects of seed deterioration. **International Journal of Agrilculture and Crop Science**, v.6, n.11, p.27-631, 2013.

SHARMA, P.; JHA, A.B.; DUBEY, R.S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v.2, p.1-26, 2012.

SHEWRY, P.R.; NAPIER, J.A.; TATHAM, A.S. Seed storage proteins: structures' and biosynthesis. **Plant Cell**, v.7, p.945-956, 1995.

SOUZA, V.C.; ANDRADE, L.A.; CRUZ, F.R.S.; FABRICANTE, J.R.; OLIVEIRA, L.S.B. Conservação de sementes de marizeiro *Geoffroea spinosa* Jacq. utilizando diferentes embalagens e ambientes. **Ciência Florestal**, v.21, n.1, p.93-102, 2011.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Punnus domestica* I. quantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.19, n.1, p.63-68, 1959.

TEAM, R.C. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 4 ago. 2018.

TOLEDO, M.Z.; FONSECA, N.R.; CESAR, M.L.; SORATTO, R.P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C.A.C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função

da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.2, p.124-133, 2009.

VIDIGAL, D.S.; LIMA, J.S.; BHERING, M.C.; DIAS, D.C.F.S. Teste de condutividade elétrica para sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.168-174, 2008.

VIDIGAL, D.S.; SANTOS DIAS, D.C.; PINHO, E.V.R.V.; DIAS, L.A.S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de sementes**, v.31, n.2, p.129-136, 2009.

XIN, X.; LIN, X.H.; ZHOU, Y.C.; CHEN, X.I.; LIU, X.; LU, X.X. Proteome analysis of maize seeds: the effect of artificial ageing. **Physiology Plant**, v.143, p.126-138, 2011.

XU, H.; WEI, Y.; ZHU, Y.; LIAN, L.; XIE, H.; CAI, Q.; CHEN, Q.; LIN, Z.; WANG, Z.; XIE, H.; ZHANG, J. Antisense suppression of LOX3 gene expression in rice endosperm enhances seed longevity. **Plant Biotechnology Journal**, v.13, p.526-539, 2015.

WALTERS, C. Materials used for seed storage containers: response to Gomez-Campo. **Seed Science Research**, v.17, p.233-242, 2007.

ZHANG, Y.X.; XU, H.H.; LIU, S.J.; LI, N.; WANG, W.Q.; MOLLER, I.M.; SONG, S.Q. Proteomic analysis reveals different involvement of embryo and endosperm proteins during aging of Yliangyou 2 hybrid rice seeds. **Frontiers in Plant Science**, v.7, p.1394, 2016.

ZONTA, J.B.; ARAUJO, E.F.; ARAUJO, R.F.; ZONTA, J.H.; DIAS, L.A.S.; RIBEIRO, P.H. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Bioscience Journal**, v.30, n.2, p.599-608. 2014.

8.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram desenvolvidos cinco estudos objetivando gerar informações quanto às características fisiológicas e bioquímicas da maturação, embebição e do armazenamento das sementes de jabuticaba. A proposta deste estudo foi elucidar aspectos físicos, fisiológicos e bioquímicos da propagação seminífera da jabuticabeira. Foram geradas inúmeras informações

para promover avanços na área de fisiologia e tecnologia de sementes desta espécie e para a aplicação da análise de sementes.

A avaliação da maturação das sementes permitiu verificar o ponto de colheita no qual se observa maior germinação e vigor e a partir da análise da embebição foi possível identificar a curva de embebição.

Os resultados do presente estudo evidenciam que sementes maduras de jabuticaba (35 DAA) apresentam maior qualidade fisiológica e maior acúmulo de substâncias de reserva. O processo de embebição de sementes de jabuticaba não segue o modelo trifásico, requerendo 24 horas para iniciar a protrusão radicular e 120 horas para que 50% das sementes apresentem protrusão radicular. Com o avanço da curva de embebição das sementes de jabuticaba há redução nas substâncias de reserva.

Conhecer as condições para o armazenamento das sementes de jabuticaba é de grande importância visto que as sementes são recalcitrantes. Ao estudar a temperatura, embalagem, hidrocondicionamento das sementes de jabuticaba e tempo de armazenamento foram geradas informações relevantes para auxiliar na escolha da forma de armazenamento mais adequada visando à manutenção da germinação e do vigor, que caracterizam a qualidade fisiológica da semente. Os métodos propostos são de fácil execução e baixo custo, podendo ser transferidos diretamente aos produtores.

A redução da temperatura de armazenamento (6 °C), que não permitiu o congelamento dos tecidos, é eficiente para uso nas sementes de jabuticaba, ampliando o seu potencial de armazenamento. O acondicionamento em saco plástico transparente de 0,10 mm de espessura promove a manutenção da qualidade fisiológica das sementes de jabuticaba. O uso do hidrocondicionamento, seguido por secagens por 12; 24 e 48 h para redução parcial no teor de água, é um método adequado para a preservação da qualidade fisiológica de sementes de jabuticaba. Quanto às alterações bioquímicas nas sementes de jabuticaba ocorre maior degradação das substâncias de reserva com o prolongamento do tempo de armazenamento, e quanto às alterações fisiológicas há redução na germinação e vigor com o aumento do período de armazenamento.