



**JULIANA MARIA ESPÍNDOLA LIMA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E  
FISIOLÓGICA DAS SEMENTES DE  
PARICARANA (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) E  
AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.)**

**LAVRAS-MG**

**2016**

**JULIANA MARIA ESPÍNDOLA LIMA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E FISIOLÓGICA DAS  
SEMENTES DE PARICARANA (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) E AÇAÍ  
(*Euterpe oleracea* Mart.)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção e Tecnologia de Sementes, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. João Almir Oliveira  
Orientador

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho  
Pesquisador Dr. Oscar José Smiderle  
Coorientadores

**LAVRAS-MG  
2016**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Lima, Juliana Maria Espíndola.

Caracterização morfológica e fisiológica das sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) e açai (*Euterpe oleracea* Mart.) / Juliana Maria Espíndola Lima. – Lavras : UFLA, 2016.

168 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2016.

Orientador: João Almir Oliveira.

Bibliografia.

1. Cor. 2. Dormência. 3. Fungicida. 4. Secagem de sementes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**JULIANA MARIA ESPÍNDOLA LIMA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E FISIOLÓGICA DAS  
SEMENTES DE PARICARANA (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) E AÇAÍ  
(*Euterpe oleracea* Mart.)**

**MORFOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION  
OF PARICARANA (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) AND AÇAÍ (*Euterpe  
oleracea* Mart.) SEEDS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção e Tecnologia de Sementes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 18 de agosto de 2016.

Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Oliveira	ULFA
Dra. Leidiane Aparecida Ferreira Queiroz	MAPA
Prof. Dr. José Luiz Contado	UFLA
Prof. Dr. Evaristo Mauro de Castro	UFLA

Prof. Dr. João Almir Oliveira  
Orientador

**LAVRAS-MG**

**2016**

*À minha mãe que sempre está ao meu  
lado me apoiando para que eu alcance  
todos os meus objetivos na vida. Seu  
amor incondicional é o que me motiva  
sempre.*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura pela oportunidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão das bolsas de doutorado e doutorado sanduiche.

À Embrapa Roraima pela parceria no desenvolvimento do trabalho da tese.

À *The Ohio State University* pela oportunidade de fazer o doutorado sanduiche em sua instituição.

Ao Setor de Sementes por proporcionar o ambiente de trabalho e os conhecimentos adquiridos na área.

Ao Dr. João Almir Oliveira pela orientação, disposição em ajudar no desenvolvimento do trabalho, e pelas oportunidades oferecidas!

Ao Dr. Oscar José Smiderle por me orientar nessa jornada da graduação ao doutorado, sempre com pulso firme para que eu atingisse meus objetivos, serei eternamente grata pelos conhecimentos passados!

Ao Dr. Pablo Jourdan pela incrível experiência de realizar pesquisa em seu laboratório na *The Ohio State University*.

Aos meus colegas do departamento e da *The Ohio State University* pela oportunidade de conhecê-los e vivenciar esse período do doutorado, boas memórias sempre teremos!

À minha família pelo apoio, suporte, carinho e amor para que eu chegasse ao fim com sucesso!

E por fim, a todas as pessoas que de alguma forma estiveram presentes e me apoiaram, sou muito grata por ter todos em minha vida.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

A pesquisa com espécies florestais tem aumentado nos últimos anos pelos benefícios que cada espécie pode trazer para o uso humano, porém a propagação por meio de sementes dessas espécies é um desafio por apresentar uma série de fatores, como dormência e secagem de sementes recalcitrantes, que podem afetar a germinação e o armazenamento. Com isso, objetivou-se neste trabalho a avaliação da qualidade física, fisiológica e isoenzimática de sementes de paricarana e açaí com o intuito de identificar a melhor qualidade de sementes para propagação e armazenamento. Na espécie paricarana obtiveram-se sementes de 12 matrizes classificadas em cores laranja e vermelho para determinação de sua qualidade por meio de análise de imagens e verificação da eficiência do tratamento de superação de dormência pela imersão das sementes em água a 100°C por 10 segundos mais 5 minutos de imersão em hipoclorito a 2%. Com os resultados obtidos, constatou-se que as técnicas utilizadas para caracterização física e fisiológica das sementes de cor laranja e vermelho das 12 matrizes de paricarana são eficientes. As sementes de paricarana de cor laranja apresentam melhor qualidade física e fisiológica. O tratamento com água a 100°C por 10 segundos mais 5 minutos de imersão em hipoclorito a 2% é eficiente na superação de dormência e e desinfestação das sementes das 12 matrizes de paricarana. Nas sementes de açaí realizaram-se três experimentos sendo eles, 1°- avaliação do ambiente de armazenagem (natural e câmara fria) x armazenamento (zero, 60, 120 e 180 dias) x teor de água (35, 30 e 20%); 2°- tamanho de sementes (grande e pequena) x armazenamento (zero, 60, 120 e 180 dias) x teor de água (35, 30 e 20%); e 3°- fungicida (com e sem) x armazenamento (zero, 60, 120 e 180 dias) x teor de água (35, 30, 20%). A qualidade foi determinada pelos testes físicos, fisiológicos e isoenzimas das sementes. Nos resultados obtidos, verificou-se que as sementes de açaí com 35% e 30% de umidade têm melhor qualidade fisiológica. O melhor ambiente de armazenamento é o natural. As sementes grandes de açaí com 35 e 30% de teor de água têm melhor qualidade fisiológica e vigor. A secagem das sementes de açaí para 20% de teor de água reduz drasticamente a qualidade fisiológica das sementes para os dois tamanhos de sementes. As sementes de açaí com 35% e 30% de teor de água tratadas com fungicida têm melhor qualidade fisiológica. O tratamento fungicida é eficiente em todo o período do armazenamento para as sementes de açaí com 30% e 20% de teor de água, e para as sementes com 35% de teor de água somente até 60 dias. O armazenamento por 180 dias não mantém a qualidade fisiológica das sementes de açaí.

**Palavras-chave:** Cor. Dormência. Fungicida. Secagem de sementes.

## ABSTRACT

Researches with forest species has increased in recent years due to the benefits each species brings for human use. However, the propagation of these species by seed is a challenge due to a series of factors such as dormancy and drying of recalcitrant seeds, which can affect germination and storage. With this, the objective of this work was to evaluate the physical, physiological and isoenzymatic quality of paricarana and açai seeds, with the intent of identifying the best seed quality for propagation and storage. For the paricarana species, we obtained seeds from 12 matrices, classified in colors orange and red for determining its quality by means of image analysis and verification of the efficiency of the treatment for overcoming dormancy by immersing the seeds in water at 100°C for 10 seconds, plus 5 minutes of immersion in hypochlorite at 2%. With the results, we verified that the techniques used for physical and physiological characterization of orange and yellow seeds of the 12 paricarana matrices are efficient. The orange paricarana seeds present better physical and physiological quality. The treatment with water at 100°C for 10 seconds plus 5 minutes of immersion in hypochlorite at 2% is efficient in overcoming dormancy and disinfecting the seeds of the 12 paricarana matrices. For the açai seeds, three experiments were conducted: 1<sup>st</sup>- evaluation of the storage environment (natural and cold chamber) x storage (zero, 60, 120, and 180 days) x water content (35, 30 and 20%); 2<sup>nd</sup>- seed size (large and small) x storage (zero, 60, 120 and 180 days) water content (35, 30 and 20%); and fungicide (with and without) x storage (zero, 60, 120 and 180 days) x water content (35, 30 and 20%). Seed quality was determined by the physical, physiological and isoenzyme tests. With the results obtained, we verified that the açai seeds with 35% and 30% of moisture have better physiological quality. The best storage environment is the natural. The large açai seeds with 35% and 30% have better physiological quality and vigor. The drying of the açai seeds to 20% of water content drastically reduces the physiological quality of the seeds of both sizes. Açai seeds with 35% and 30% of water content, treated with fungicide have better physiological quality. The fungicide treatment is efficient for the entire storage period for açai seeds with 30% and 20% of water content, and for seeds with 35% of water content, only up to 60 days. Storage for 180 days does not maintain the physiological quality of açai seeds.

**Keywords:** Color. Dormancy. Fungicide. Seed drying.

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	9
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
<b>2.1</b>	<b>Paricarana (<i>Bowdichia virgiloides</i> Kunth.)</b> .....	11
<b>2.2</b>	<b>Açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)</b> .....	12
<b>2.3</b>	<b>Qualidade física, fisiológica e isoenzimática em sementes</b> .....	14
<b>2.3.1</b>	<b>Cor e tamanho de sementes</b> .....	18
<b>2.3.2</b>	<b>Dormência tegumentar</b> .....	20
<b>2.4</b>	<b>Armazenamento de sementes recalcitrantes</b> .....	22
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	37
	<b>ARTIGO 1 - TÉCNICAS DE ANÁLISE DE IMAGEM PARA CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE PARICARANA <i>Bowdichia virgiloides</i> Kunth</b> .....	37
	<b>ARTIGO 2 - CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E ARMAZENAMENTO EM DOIS AMBIENTES DE SEMENTES DE AÇAÍ (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)</b> .....	61
	<b>ARTIGO 3 - SEMENTES DE AÇAÍ (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) ARMAZENADAS COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA E TAMANHOS</b> .....	99
	<b>ARTIGO 4 - QUALIDADE DE SEMENTES DE AÇAÍ (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) TRATADAS COM FUNGICIDA E ARMAZENADAS COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA</b> .....	139

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

O uso de espécies florestais para o uso humano tem aumentado como alternativa ecológica para produtos cosméticos, nutrição, ornamentação, reflorestamento dentre outras opções que favorecem sua exploração. Junto ao desafio de aumentar a produção com o intuito de suprir a demanda do mercado consumidor está o meio de propagação por sementes que é o mais utilizado, porém a maioria dessas espécies apresenta algum impedimento da germinação, por apresentarem mecanismos de dispersão diferentes das espécies domesticadas como as grandes culturas.

A literatura disponível na maioria das vezes é escassa tornando mais difícil para o produtor a obtenção de informações para produção em larga escala. Dentre tantos problemas encontrados na germinação de sementes florestais tem-se a desuniformidade provocada pela dormência física e/ou fisiológica, fazendo-se necessário o tratamento de superação de dormência para obtenção da germinação uniforme.

Outro fator agravante muito comum é a recalcitrância nas sementes que afeta o armazenamento por longos períodos, as sementes que possuem essa característica não toleram secagem a baixos teores de água e o armazenamento em temperaturas mais baixas. Nessas espécies o elevado teor de água também não é favorável para o armazenamento, pois permite a proliferação de fungos e bactérias, além de redução da viabilidade das sementes pela elevação da respiração causando maior velocidade de deterioração. O uso de fungicidas para sementes recalcitrantes tem sido uma opção para o armazenamento com elevado teor de água.

Características como cor e tamanho de sementes também podem influenciar na qualidade fisiológica, pois a cor pode ser um indicativo do estágio

de maturação da semente ou dormência, já o tamanho pode estar relacionado com a formação do embrião e a quantidade de tecidos de reserva, que são importantes na germinação de sementes vigorosas.

Além destes, outros fatores afetam a qualidade fisiológica de sementes florestais causando baixa produção de mudas, mas por serem a dormência e a recalcitrância características mais recorrentes em espécies florestais, escolheram-se duas espécies com essas características, sendo elas, a paricarana (*Bowdichia virgilioides*) que apresenta dormência física em suas sementes e o açai (*Euterpe oleracea*) que possui sementes recalcitrantes.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade física e fisiológica de sementes de paricarana classificadas em duas cores envolvendo o tratamento de superação de dormência. E para as sementes de Açai objetivou-se avaliar a qualidade física, fisiológica e isoenzimática das sementes com diferentes teores de água, tamanhos de sementes, tratamento fungicida e ambientes de armazenamento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth.)

A espécie *B. virgilioides* Kunth pertence à família Fabaceae e possui os seguintes nomes populares: Paricarana, Sucupira-parda, Sucupira-roxa, Sucupira-preta e Sucupira do cerrado. Sua ocorrência é em área de Cerrado não tolerando baixas temperaturas e na idade adulta sua árvore pode atingir 15 metros de altura e 60 cm de DAP (diâmetro à altura do peito). Esta espécie se adapta bem a solos secos e com baixa fertilidade, sendo caracterizada como uma espécie pioneira, decídua e heliófila. A Paricarana tem sido empregada no paisagismo, reflorestamento, e a madeira apresenta ótima qualidade com alta densidade, longa durabilidade e resistência ao ataque de organismos xilófagos, sendo por isso, empregada na construção civil e fabricação de móveis (CARVALHO, 2006; LORENZI, 2008; MATOS; QUEIROZ, 2009).

No interior do Estado de Roraima utiliza-se a madeira da Paricarana como estacas para delimitar propriedades, por serem resistentes ao fogo conferindo maior proteção no período de seca ou estiagem, além de ser uma espécie comum naquela região de Cerrado (OLIVEIRA; SCHWENGBER; SMIDERLE, 2008). No Estado do Mato Grosso a exploração autorizada dessa madeira entre 2006 e 2011 rendeu R\$ 3.155.630,62 correspondentes ao volume de 80.227,79 m<sup>3</sup> de madeira (MATO GROSSO, 2011).

Segundo a Resolução 8 da Secretaria do Meio Ambiente, de 21/09/2004, publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo em 22/06/2004, *B. virgilioides* apresenta redução acentuada no número populacional, devido à exploração comercial desordenada, sendo por isso considerada ameaçada de extinção em categoria vulnerável pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (MONTANHIM et al., 2014; SILVA JÚNIOR, 2012).

Mediante o risco de extinção dessa espécie, tem-se aumentado o número de estudos sobre a propagação por meio de sementes com o intuito de aumentar a produção de mudas. Os frutos da Paricarana são caracterizados legumes, indeiscentes, achatados, com sementes medindo de 3 a 5 mm de comprimento, e coloração variando de laranja ao vermelho escuro. As sementes apresentam dormência tegumentar causando germinação lenta e desuniforme, o que dificulta a obtenção de mudas sendo necessária a aplicação de tratamentos de superação de dormência (ALBUQUERQUE, 2006; ALBUQUERQUE et al., 2007).

Albuquerque et al. (2007) e Rosa-Magri e Meneghin (2014) com o intuito de determinar o melhor método de superação de dormência dessa espécie utilizam tratamentos como escarificação mecânica com lixa, ácido sulfúrico, água fria e quente com diferentes temperaturas e tempos. Dentre os trabalhos citados o ácido sulfúrico tem sido o mais recomendado, porém é um tratamento oneroso que produz resíduos químicos, além dos perigos envolvendo o seu manuseio. No trabalho de Smiderle e Schwengber (2011), onde obtiveram germinação acima de 80% em tratamento com água a 100°C por 10 segundos, tem-se uma alternativa de fácil aplicação para o produtor obter sementes com boa germinação sem gerar resíduo ao meio ambiente.

## **2.2 Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**

A espécie *E. oleracea* pertencente à família Arecaceae, sendo nativa do estuário Amazônico, pode ser encontrada nos Estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Rondônia, Acre e Tocantins, e nos países da América do Sul como Venezuela, Colômbia, Equador e Guianas, assim como em Trinidad e Tobago. Essa espécie tem sua ocorrência em áreas de várzeas, igapós e próxima a rios. O Açaí é economicamente conhecido pelos produtos provenientes do palmito e dos frutos (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2004; HENDERSON; GALEAN;

BERNAL, 1997; MENEZES; TORRES; SRUR, 2008; NASCIMENTO; NOVIEMBRE; CICERO, 2007; OLIVEIRA; FERNANDES, 2001).

O Açaí *E. oleracea* é uma palmeira com caule do tipo estipe podendo na fase adulta apresentar até 45 estipes por touceira, com forma cilíndrica, anelada, ereta, fibrosa e sem ramificações, pode atingir até 30 metros de altura e de 12 a 18 cm de DAP. As folhas são compostas pinadas com 3,5 metros de comprimento dispostas de forma alternada. As raízes são fasciculadas, densas e superficiais com lenticelas e aerênquimas que estão a 30 cm de profundidade do solo na base do estipe. Essa palmeira demora em média 3,5 anos para começar a produzir frutos, e seus períodos de maior frutificação vão de janeiro a maio (período chuvoso) e de setembro a dezembro (período menos chuvoso), o número de frutos por cacho em média é de 3.192 frutos (OLIVEIRA; CARVALHO; NASCIMENTO, 2007).

Ao longo dos anos o Açaí tem ganhado mercado nacionalmente e internacionalmente pelos valores calóricos da polpa que é rico em proteína, fibras, lipídeos, vitamina E e minerais (manganês, cobre, boro e cromo), além de ser energético (NEVES et al., 2015). Tem sido estimado que, na cidade do Pará, a produção é de 100.000 a 120.000 toneladas de frutos processados anualmente para consumo doméstico e exportação (MARTINS; MATTOSO; PESSOA, 2009; ROGEZ, 2000).

A produção do palmito do *E. oleracea* em 1985 atingiu 132.105 toneladas, onde o Estado do Pará era o responsável por 88,5% dessa produção, porém em 1994 houve a redução para 22.500 toneladas, justificado pelo esgotamento das reservas nativas. Em consequência disto, tem-se aumentado os investimentos na produção da polpa proveniente dos frutos do Açaí, que hoje é o produto com maior demanda para o mercado internacional. Segundo o IBGE em 2005 a produção de frutos e palmito foi de 423.482 e 13.703 toneladas

(BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2012; OLIVEIRA; FARIAS NETO; PENA, 2007; PARENTE; OLIVEIRA JÚNIOR; COSTA, 2003).

Com a popularização do Açaí em todo o país e internacionalmente, tem-se aumentado as áreas de produção para suprir o mercado, com o desenvolvimento de pesquisas para o manejo da cultura em áreas de várzeas e terra firme. A propagação do Açaí é feita por meio de sementes, e pouco se conhece sobre a fisiologia da semente que por sua vez é considerada recalcitrante, com germinação em torno de 30 dias. O desenvolvimento de tecnologias para germinação e armazenamento é importante para produção de mudas que serão utilizadas no replantio e no cultivo em novas áreas (SILVA et al., 2015; TAVARES et al., 2008).

Os frutos do Açaí contêm uma semente que ocupa o espaço médio de 85 a 90% de diâmetro dentro do fruto (1 a 2 cm) e 90% do peso (0,7 a 1,9 g), cada semente é recoberta por fibras e por uma fina camada de polpa de cor violeta (OLIVEIRA; CARVALHO; NASCIMENTO, 2000; STRUDWICK; SOBEL, 1988). As sementes de Açaí por serem recalcitrantes não podem ser secas a baixos teores de água, como é afirmado por Nascimento, Novembre e Cicero (2007) e Oliveira, Carvalho e Nascimento (2000) em que consideram a secagem próxima a 14% letal para a germinação das sementes. Com isso, o armazenamento se torna um problema, pois não se tem métodos muito eficazes para o armazenamento de sementes de Açaí, em que se possa conservar o elevado teor de água sem acelerar o processo de deterioração das sementes.

### **2.3 Qualidade física, fisiológica e isoenzimática em sementes**

A qualidade física de sementes tem sido utilizada para obtenção de lotes de sementes mais uniformes e com maior qualidade fisiológica, e para isto têm-se, como alternativa, testes com análise de imagem que identificam as características morfológicas tanto na parte externa quanto na interna das

sementes. Esses testes podem identificar tamanho, forma, cor, danos, infestação dentre outras características que podem estar relacionadas com a qualidade fisiológica das sementes e podem ser utilizadas como padrão de classificação. Dentre os testes disponíveis tem-se o raio-x e captura de imagens computadorizada, esses métodos não destrutivos às sementes podem ser utilizados na caracterização de espécies florestais que apresentam grande diversidade de qualidade física de suas sementes.

A análise de imagem na determinação de qualidade física de sementes tem sido eficiente por ser tratar de um método de alta precisão com a avaliação individual das sementes; desta maneira, torna-se mais fácil relacionar a característica física das sementes com a qualidade fisiológica, como na identificação de danos ou infestação em lotes de sementes, pelo teste de raio-x, que pode dar origem a sementes mortas ou plântulas anormais (BURG et al., 1994; CÍCERO et al., 1998).

Na literatura disponível há alguns estudos envolvendo não só análise de sementes, mas também de plântulas visando estabelecer o vigor de sementes (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009). Neste sentido, McCormac, Keefe e Draper (1990) constataram diferenças de vigor de sementes de couve-flor pelo uso de um sistema de análise de imagem computadorizada medindo comprimento de raiz das plântulas. Sako et al. (2001) desenvolveram um programa chamado Seed Vigor Imaging System - SVIS® para avaliação do vigor de sementes de alface. Esse programa também foi adaptado para espécies como soja (HOFFMASTER et al., 2003), milho (OTONI; MCDONALD, 2005), melão (MARCOS FILHO et al., 2006), avaliando o cálculo de índice de vigor, grau de uniformidade de desenvolvimento e avaliação do comprimento de plântulas. Esse sistema de análise de imagem computadorizada já vem sendo utilizado nos Estados Unidos, em particular no Estado de Ohio, onde é considerado um procedimento promissor na avaliação física de sementes e

plântulas (MARCOS FILHO; KIKUTI; LIMA, 2009; MCDONALD et al., 2003).

A qualidade fisiológica de sementes é outro atributo importante a ser determinado em lotes de sementes, o teste de germinação visa à avaliação da viabilidade de sementes sob condições favoráveis de temperatura, substrato, luz, aeração e umidade. Nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) é possível encontrar as indicações para muitas espécies cultivadas economicamente, porém em espécies florestais há poucas recomendações sendo necessária a realização de diferentes metodologias do teste de germinação para a determinação das condições favoráveis de germinação de espécies não encontradas nas RAS (OLIVEIRA; DAVIDE; CARVALHO, 2008).

Segundo Mayer e Poljakoff-Mayber (1989), existe uma temperatura ótima em que ocorre a maior porcentagem de germinação em menor tempo, e só se encontram prejuízos a essa porcentagem quando as temperaturas estão acima ou abaixo desse valor ótimo. Em espécies florestais brasileiras geralmente a temperatura ótima de germinação está entre 15 a 30°C, sendo relacionada com a região de origem da espécie na época em que a germinação se encontra favorável (ANDRADE et al., 2000).

Em tecnologia de sementes tem-se procurado estabelecer procedimentos para avaliar a qualidade de sementes, com o objetivo de se obter resultados que representem fielmente a qualidade de um lote de sementes para se estimar uma população de plântulas em campo, sob ampla faixa de condições ambientais, e para isso, tem-se desenvolvido estudos relacionados com o vigor de sementes que são de grande importância para se atingir eficiência na agricultura moderna (ARTHUR; TONKIN, 1991; VIEIRA; CARVALHO; SADER, 1994).

Os testes de vigor são importantes na identificação de diferenças na qualidade fisiológica de sementes entre lotes com potencial germinativo semelhante, a exemplo temos emergência de plântulas, tetrazólio, velocidade de

emergência, condutividade elétrica, envelhecimento acelerado dentre outros testes que têm mostrado sucesso na diferenciação de qualidade de sementes junto à germinação. Nos últimos anos tem-se pesquisado vigor relacionado à qualidade de sementes devido a mudanças degenerativas de origem bioquímica, fisiológica e física, obtidas após a maturação e que estão associados à redução de vigor devido a eventos iniciais de deterioração de membrana celulares e redução de atividades respiratórias e biossintéticas (ABDUL-BAKI; ANDERSON, 1972; BINOTTI et al., 2008).

O uso de isoenzima para estudos de viabilidade de sementes tem se mostrado eficiente por identificar tempo de vida, mudanças deteriorativas e morte de sementes, além também de poder ser usado para diferenciação de cultivares. As isoenzimas são provenientes da expressão gênica influenciada pelo ambiente, pois são genes que controlam a manifestação de determinados estádios de desenvolvimento em órgão e tecidos específicos, ou manifestação sobre algum estímulo específico (BASU, 1995; RAMÍREZ; CALDERON; ROCCA, 1991).

A utilização de isoenzimas para determinação da qualidade de sementes já vem sendo usada para espécies cultivadas economicamente na identificação de processos deteriorativos das sementes, como por exemplo, Carvalho et al. (2014) soja, Vidigal et al. (2009) pimenta e Nakada et al. (2010) pepino. Em espécies florestais também se têm alguns trabalhos com isoenzimas como em Carvalho et al. (2006) *Copaifera langsdorffii*, Martins, Nakagawa e Ramos (2011) *Euterpe espirosantensis* e Martins, Bovi e Nakagawa (2007) *E. espirosantensis*, *E. edulis* e *E. oleracea*.

A tecnologia de sementes tem avançado bastante no desenvolvimento de ferramentas capazes de determinar qualidade de sementes que são utilizadas em sua maioria para grandes culturas, mas que podem ser utilizadas em espécies florestais para obtenção de lotes de sementes com melhor qualidade. Sabe-se que

por essas espécies não serem domesticadas a variabilidade na qualidade de sementes é bem maior, o que afeta a produção de mudas, exigindo-se assim, maior necessidade de testes que possam diferenciar lotes de sementes com alta e baixa qualidade.

### **2.3.1 Cor e tamanho de sementes**

No desenvolvimento e heterogeneidade espacial das sementes da família Fabaceae geralmente o peso, a coloração, a forma e o tamanho das sementes são variáveis, e essa heterogeneidade pode afetar as propriedades fisiológicas da dormência e germinação de sementes (COSTE et al., 2005; COSTE; NEY; CROZAT, 2001; FENER, 1993; MATILLA; GALLARDO; PUGA-HERMIADA, 2005). Estudos envolvendo essas características podem ajudar na seleção de sementes com maior potencial fisiológico para o beneficiamento produzindo lotes de sementes mais uniformes.

A coloração do tegumento das sementes tem sido associada ao ambiente, estágio de maturação, desenvolvimento sequencial da planta mãe e/ou herdado geneticamente. A coloração é resultado de vários níveis de pigmentação acumulados no tegumento, que irão resultar em sementes com coloração variada (BHATIA et al., 1979; BORTNEM; BOE, 2003; CASTELLANI; AGUIAR; PAULA, 2009; LIU et al., 2007). Como exemplo disto, Zhang et al. (2008) observaram maior quantidade do pigmento melanina nas sementes de Colza vermelhas e pretas do que nas amarelas, essa maior presença de melanina resultou em sementes com maior vigor.

Alguns estudos têm relacionado a cor das sementes com a dormência, onde sementes mais coloridas absorvem água mais rápido do que as sementes menos coloridas, porém isto pode ser variável dependendo da espécie (ATIS et al., 2011; LIU et al., 2007; POWELL, 1989). Para Liu et al. (2007) houve maior absorção de água e germinação de sementes pretas de *Cyamopsis tetragonoloba*

do que para sementes brancas. Chachalis e Smith (2000) também obtiveram melhor embebição e germinação em cultivares de soja preta. Já Ochuodho e Modi (2010) apresentaram melhor germinação nas sementes claras de Mostarda selvagem em relação às pretas. E Atanassova et al. (2004) obtiveram menor porcentagem de germinação para sementes de tomate selvagem do que nas sementes de tomate mutantes com menor quantidade de antocianinas.

Além da cor, o tamanho das sementes das mais diversas espécies também é importante em muitos aspectos, sendo um deles os diferentes tamanhos de sementes dentro da mesma espécie. O que determina o tamanho das sementes ainda é uma questão a ser muito pesquisada no desenvolvimento da biologia, em angiospermas o crescimento da semente começa com a fertilização que resulta na formação de um embrião diploide e endosperma triploide. O tegumento é proveniente dos integumentos maternos envolvendo o embrião e endosperma, as três estruturas se comunicam para garantir o crescimento e desenvolvimento das sementes de forma uniforme em tamanho (ALONSO-BLANCO et al., 1999; LI; LI, 2016; LUO et al., 2005; SONG et al., 2007; SUN et al., 2010; WANG et al., 2010).

O tamanho das sementes é controlado pelo material genético materno e pelos tecidos do zigoto, além de o crescimento ser influenciado pelo ambiente externo. O crescimento do endosperma é afetado pelos parentes e associado com modificações epigenéticas. Em *Arabidopsis*, alguns fatores têm influenciado no controle do crescimento do endosperma, nesses casos o tamanho da semente depende do genótipo dos tecidos zigóticos, mas não do genótipo dos tecidos maternos. (CHAUDHURY et al., 2001; FIGUEIREDO; KOHLER, 2014; LI; LI, 2016). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000) têm-se as sementes grandes como sendo as que possuem embriões bem formados e com maior tecido de reserva, que irão proporcionar o crescimento de plantas vigorosas. No mais, a maior quantidade de endosperma pode garantir um crescimento mais uniforme das

plântulas, além de permitir a sobrevivência a condições não favoráveis do ambiente por serem mais resistentes (HAIG; WESTOBY, 1991).

### **2.3.2 Dormência tegumentar**

No reino vegetal algumas espécies não são capazes de germinar em condições favoráveis sendo caracterizadas como sementes dormentes, e para que o processo de germinação seja iniciado, essas sementes precisam ter sua dormência superada por tratamentos específicos para cada tipo de dormência, que envolverá aspectos estruturais e fisiológicos das sementes, além dos fatores ambientais (ALBUQUERQUE et al., 2007; BASKIN; BASKIN, 2014; BEWLEY et al., 2013).

As sementes maduras germinam em resposta a estímulos ambientais, como água, luz, temperatura e oxigênio (dormência imposta), ou precisarão ser expostas a outros estímulos específicos para que a germinação seja iniciada (dormência induzida). É possível a ocorrência dos dois tipos de dormência em um mesmo grupo de sementes, podendo ser considerada uma propagação de risco em um ambiente imprevisível análoga à dispersão espacial (VENABLE; BROWN, 1988).

A dormência permite a sobrevivência das espécies por longos períodos de tempo apresentando germinação descontínua, onde o banco de sementes se mantém viável até que as condições ambientais sejam mais favoráveis para germinação (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006). Para Harper (1977) a dormência será favorável quando o risco de mortalidade da plântula exceda o risco de mortalidade das sementes no solo. O tipo de dormência expressa por cada espécie pode ser classificada em três tipos de acordo com Bewley et al. (2013), dormência tegumentar, dormência embrionária e dormência causada pelo desequilíbrio de substâncias promotoras ou inibidoras da germinação.

A dormência física é causada pela impermeabilidade à água do tegumento das sementes. Essa dormência ocorre para proteger as sementes contra microrganismos e predadores, e também para manter o banco de sementes no solo. Existem várias famílias que apresentam esse tipo de dormência, principalmente nas espécies da família Fabaceae (BOLINGUE et al., 2010; DALLING et al., 2011; FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; SMÝKAL et al., 2014; SOUZA et al., 2012; SUGDEN, 2013).

Sementes com dormência física apresentam como características morfológicas uma camada de células paliçádicas impermeáveis à água por estarem cobertas por cutículas que estão presentes em todo o tegumento. Por isso, a entrada de água e oxigênio do ambiente é bloqueada, preservando assim as sementes por longos períodos de tempo, onde só germinarão quando a camada impermeável for removida (HU; WU; WANG, 2009; ROLSTON, 1978; WEBER; GRUBER; CLAUPEIN, 2014).

A dormência pode variar quanto ao nível de impermeabilidade do tegumento podendo-se obter sementes com alta ou baixa dormência, e essa impermeabilidade irá influenciar no tempo de germinação das sementes, como foi observado por Gruber et al. (2010) testando germinação de Colza com alta dormência e trigo com baixa dormência, onde verificaram 60% de germinação das sementes de Colza depois de 4,5 anos enterradas no solo, enquanto para sementes de trigo apenas 8% das sementes sobreviveram.

Pesquisas sobre a estrutura morfológica, conteúdo fenólico e composição da cutícula presentes no tegumento das sementes de Fabaceae têm sido realizadas para determinar testes adequados para superação da dormência física dessas espécies devido à maioria das espécies florestais dessa família apresentar impermeabilidade no tegumento (CHAI et al., 2016; RANATHUNGE et al., 2010; SHAO et al., 2007).

Atualmente já foram propostos vários mecanismos para superar a dormência física de sementes em condições de campo como flutuação de altas temperaturas durante o dia, curtos períodos de extremo de calor e alternância em ciclos de umidade do solo entre molhado a seco (HU; WU; WANG, 2009; SANTANA et al., 2010). Por outro lado algumas espécies precisam ter a dormência quebrada por métodos abrasivos, decomposição microbiológica ou degradação causada pelo consumo das sementes por animais. Como realizado pelos autores Alves et al. (2007) *Caesalpinia pyramidalis*; Fior et al. (2011) *Butia capitata*; Nascimento et al. (2009) *Parkia platycephala*; Pacheco e Matos (2009) *Apeiba tibourbou*; Azeredo et al. (2010) *Piptadenia moniliformis*. Apesar dessas alternativas, métodos de escarificação eficientes ainda são escassos (BASKIN; BASKIN, 2014).

#### **2.4 Armazenamento de sementes recalcitrantes**

Para a disponibilidade de sementes aos programas de reflorestamento e pesquisas sobre tecnologia e fisiologia de sementes é importante o armazenamento das sementes nas condições ideais exigidas para todas as espécies em questão (HONG; ELLIS, 1996; NERY et al., 2014).

O armazenamento de sementes tem como função preservar por maior tempo possível a qualidade fisiológica e bioquímica das sementes a um nível aceitável. Em sementes recalcitrantes um dos principais problemas encontrados mesmo em curtos períodos de armazenagem é a elevada umidade relativa e alta umidade das sementes necessária para manter a viabilidade, sendo este considerado o principal meio de conservação. Porém, esse tipo de armazenamento ocasiona a proliferação de microrganismos, que favorece a deterioração reduzindo o vigor ou causando a morte das sementes (BERJAK, 1995; NASCIMENTO; MORAES, 2011).

As principais alterações envolvidas na deterioração das sementes são o esgotamento das reservas; alteração na composição química, por oxidação de lipídios, de enzimas envolvidas na deterioração e quebra parcial das proteínas; e alteração nas membranas celulares, por redução da integridade, aumento da permeabilidade e desorganização de membranas. Mesmo que a deterioração aumente com a elevação do teor de água das sementes os mecanismos de reparo se mantém enquanto houver respiração. Em detrimento disto, a deterioração das sementes durante o armazenamento vai depender da temperatura, umidade relativa, o grau de umidade das sementes, embalagem e local de armazenagem. Em sementes recalcitrantes tem-se desenvolvido tecnologias que são agrupadas em quatro tipos principais: armazenagem úmida ou embebida, técnicas de dessecação parcial, armazenagem em atmosfera controlada e criogênica (IBRAHIM; ROBERTS, 1983; MACEDO; GROTH; SOAVE, 1998; NASCIMENTO; NOVEMBRE; CICERO, 2007). Para sementes de palmeiras há trabalhos envolvendo algumas dessas tecnologias, como Martins et al. (2009) *Euterpe edulis*, Martins, Bovi e Nakagawa (2007) *Euterpe espirosantensis* e Luz e Pivetta (2010) *Archontophoenix cunninghamii*.

Vários fungos têm sido associados a sementes recalcitrantes, mas o efeito na qualidade fisiológica é pouco estudado, principalmente se a deterioração está associada à colonização por fungos. Alguns estudos mostram que sementes não infectadas e desinfetadas possuem viabilidade estendida comparada com as infectadas (BERJAK, 1995; MITTAL, 2003; OLIVEIRA et al., 2011; PARISI et al., 2013).

A alternativa mais utilizada para diminuir incidências de microrganismos é o armazenamento em baixas temperaturas, no entanto, esse procedimento não pode ser aplicado em sementes recalcitrantes tropicais, pois não toleram baixas temperaturas, o que provoca a redução da viabilidade das sementes (PROBERT; SMITH, 1996). Diante disto, tem-se usado a aplicação de

fungicidas, tais como, Carbendazin, Carboxin, Captan, Thiabendazole e Thiram, que tem proporcionado bons resultados como em sementes de Cupuaçu (SANCHES et al., 2015) e limão ‘Cravo’ (CARVALHO et al., 2002) e Cacaú (FIGUEIREDO, 1986; KRUGNER; AUER, 2005).

Os fungos que apresentam maior incidência em sementes com elevado teor de água são o *Colletotrichum* spp., *Fusarium* spp. e *Phomopsis* spp., enquanto que para sementes armazenadas secas são o *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. Esses fungos de armazenamento ocorrem quando a umidade das sementes ultrapassa 13% e se acentua ao atingir valores acima de 25% (NASCIMENTO; MORAES, 2011). Em trabalho desenvolvido por Nascimento e Moraes (2011) utilizando sementes de Açaí com diferentes teores de água, observou-se a presença dos fungos *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Fusarium solani* e *Fusarium verticillioides*, onde *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. apresentaram maior incidência nas sementes com baixo teor de água, ao contrário dos outros fungos que estavam mais presentes nas sementes úmidas.

## REFERÊNCIAS

- ABDUL-BAKI, A. A.; ANDERSON, J. D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Seed biological**. New York: Academic, 1972. v. 2, cap. 4, p. 283-315.
- ALBUQUERQUE, K. S. **Aspectos fisiológicos da germinação de sementes de Sucupira-Sreta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.)**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- ALBUQUERQUE, K. S. et al. Métodos para a superação da dormência em sementes de Sucupira-Preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1716-1721, nov./dez. 2007.
- ALONSO-BLANCO, C. et al. Natural allelic variation at seed size loci in relation to other life history traits of *Arabidopsis thaliana*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 96, p. 4710-4717, 1999.
- ALVES, E. U. et al. Superação da dormência em sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 405-415, 2007.
- ANDRADE, A. C. S. et al. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 3, p. 609-615, mar. 2000.
- ARTHUR, T. J.; TONKIN, J. H. B. Testando o vigor da semente. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 1, p. 38-41, 1991.
- ATANASSOVA, B. et al. Study on seed coat morphology and histochemistry in three anthocyanin less mutants in Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in relation to their enhanced germination. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, p. 79-90, 2004.
- ATIS, I. et al. Seed coat color effects on seed quality and salt tolerance of red clover (*Trifolium pratense*). **International Journal of Agriculture and Biology**, Beijing, v. 13, n. 3, p. 363-368, Jan. 2011.
- AZEREDO, G. A. D. et al. Superação de dormência de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 49-58, 2010.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Elsevier, 2014. 37 p.

BASU, R. N. Seed viability. In: BASRA, A. S. (Ed.). **Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications**. New York: The Haworth, 1995. p. 1-42.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. et al. Temperatura, esscarificação mecânica e substrato na germinação de sementes das palmeiras juçara e açai. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 4, p. 569-573, 2012.

BERJAK, P. The role of microorganisms in deterioration during storage of recalcitrant and intermediate seeds. In: OUÉDRAOGO, A. S.; POULSEN, K.; STUBSGAARD, F. (Ed.). **Intermediate/recalcitrant tropical forest tree seeds: proceedings of a working on improved methods for handling and storage of intermediate/recalcitrant tropical forest tree seeds**. Rome: IPGRI, 1995. p. 121-126.

BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. New York: Springer, 2013. 247 p.

BHATIA, I. S. et al. Chemical nature of the pigment of the seed coat of guar (cluster bean, *Cyamopsis tetragonolobus* L. Taub). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 27, p. 1274-1276, 1979.

BINOTTI, F. F. S. et al. Efeito do período de envelhecimento acelerado no teste de condutividade elétrica e na qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 247-254, 2008.

BOLINGUE, W. et al. Characterization of dormancy behavior in seeds of the model legume *Medicago truncatula*. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 20, n. 2, p. 97-107, 2010.

BORTNEM, R.; BOE, A. Colour index for red clover seed. **Crop Sciences**, Madison, v. 43, p. 2279-2283, 2003.

BURG, W. J. V. D. et al. Predicting tomato seedling morphology by x-ray analysis of seeds. **Journal American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n. 2, p. 258-263, 1994.

CARVALHO, E. R. et al. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 12, p. 967-976, dez. 2014.

CARVALHO, J. A. et al. Qualidade de sementes de limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 286-298, 2002.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Ed. FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2006. v. 2, 627 p. (Informação Tecnológica).

CASTELLANI, E. D.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Bases para a padronização do teste de germinação em três espécies de *Solanum L.* **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 3, n. 2, p. 77-85, 2009.

CHACHALIS, D.; SMITH, M. L. Imbibition behavior of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) accessions with different testa characteristics. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 28, p. 321-331, 2000.

CHAI, M. et al. A class II KNOX gene, KNOX4, controls seed physical dormancy. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 113, n. 25, p. 6997-7002, 2016.

CHAUDHURY, A. M. et al. Control of early seed development. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Palo Alto, v. 17, p. 677-699, 2001.

CÍCERO, S. M. et al. Evaluation of mechanical damages in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X ray and digital imaging. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 26, p. 603-612, 1998.

COSTE, F.; NEY, B.; CROZAT, Y. Seed development and seed physiological quality of field grown bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 29, p. 121-136, 2001.

COSTE, F.; RAVENEAU, M. P.; CROZAT, Y. Spectro-photometrical pod colour measurement: a non-destructive method for monitoring seed drying. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 143, p. 183-192, 2005.

DALLING, J. W. et al. Seed survival in soil: Interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 99, n. 1, p. 89-95, 2011.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F. V.; SERVIDONE, A. A. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Talentos, 2004. 248 p.

FENER, M. Environmental influences of seed size and composition. **Horticultural Reviews**, New York, v. 13, p. 183-213, 1993.

FIGUEIREDO, D. D.; KOHLER, C. Signaling events regulating seed coat development. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 42, p. 358-363, 2014.

FIGUEIREDO, S. F. L. Conservação da viabilidade da semente de cacau: IV efeito de fungicidas e peletização. **Theobroma**, Ilhéus, v. 16, n. 4, p. 173-188, 1986.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. L. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, Cambridge, v. 171, n. 3, p. 501-523, 2006.

FIORI, C. S. et al. Superação de dormência em sementes de *Butia capitata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1150-1153, 2011.

GRUBER, S. et al. Sleepers in the soil vertical distribution by tillage and long-term survival of oilseed rape seeds compared with plastic pellets. **European Journal of Agronomy**, London, v. 33, n. 1, p. 81-88, Aug. 2010.

HAIG, D.; WESTOBY, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. **Evolutionary Ecology**, New York, v. 5, p. 231-247, 1991.

HARPER, J. L. **Population biology of plants**. New York: Academic; The Blackburn Press, 1977. 892 p.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas 124**. Princeton: Paperbacks, 1997. 321 p.

HOFFMASTER, A. L. et al. Na automated system for vigor testing three-day old soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 31, n. 3, p. 701-713, 2003.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A. **Protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55 p.

HU, X. W.; WU, Y. P.; WANG, Y. R. Different requirements for physical dormancy release in two populations of *Sophora alopecuroides* relation to burial depth. **Ecological Research**, Tokyo, v. 24, p. 1051-1056, 2009.

IBRAHIM, A. E.; ROBERTS, E. H. Viability of lettuce seeds: I., survival in hermetic storage. **Journal of Experimental Botany**, Cambridge, v. 34, n. 142, p. 620-630, 1983.

KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos eucaliptos. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. Viçosa, MG: Ceres, 2005. v. 2, p. 319-332.

LI, N.; LI, Y. Signaling pathways of seed size control in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 23-32, Oct. 2016.

LIU, W. et al. Association of seed coat color with seed water uptake, germination, and seed components in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub). **Journal of Arid Environments**, London, v. 70, p. 29-38, 2007.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 384 p.

LUO, M. et al. MINISEED3 (MINI3), a WRKY family gene, and HAIKU2 (IKU2), a leucine-rich repeat (LRR) KINASE gene, are regulators of seed size in *Arabidopsis*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 102, p. 17531-17536, 2005.

LUZ, P. B.; PIVETTA, K. F. L. Armazenamento de sementes de *Archontophoenix cunninghamii* H. Wendl. & Drude (PALMEIRA REAL AUSTRALIANA). **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 4, p. 349-354, 2010.

MACEDO, E. C.; GROTH, D.; SOAVE, J. Influência da embalagem e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 454-461, 1998.

MARCOS FILHO, J. et al. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 34, n. 2, p. 485-497, 2006.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de palmito-vermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 188-192, 2007.

MARTINS, C. C. et al. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 635-642, 2009.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; RAMOS, P. R. R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirotosantensis* FERNANDES. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 85-90, 2011.

MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C. Comportamento térmico e caracterização morfológica das fibras de mesocarpo e caroço do Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 1150-1157, 2009.

MATILLA, A.; GALLARDO, M.; PUGA-HERMIADA, M. I. Structural, physiological and molecular aspects of heterogeneity in seeds: a review. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 15, p. 63-76, 2005.

MATO GROSSO. Secretaria de Meio Ambiente. **Extração e comércio de toras de madeira nativa**: período 2006-2011. Cuiabá, 2011. Disponível em: <<http://www.sema.mt.gov.br>>. Acesso em: 27 set. 2016.

MATOS, E.; QUEIROZ, L. P. **Árvores para cidades**. Salvador: Ministério Público do Estado da Bahia; Solisluna, 2009. 340 p.

MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York: Pergamon, 1989. 270 p.

MCCORMAC, A. C.; KEEFE, P. D.; DRAPER, S. R. Cauliflower seed vigor: imbibitions effects. **Journal of Experimental Botany**, Elmsford, v. 41, n. 4, p. 893-899, 1990.

- MCDONALD, M. B. et al. Computer imaging to improve seed quality determinations. In: \_\_\_\_\_. **Digital imaging and spectral techniques: application to precision agriculture and crop physiology**. Madison: ASA, 2003. p. 15-27. Special publication.
- MENEZES, E. M. S.; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2008.
- MITTAL, R. K. Mycoflora of recalcitrant tree seeds and its effects on germination and storability. **Journal of Mycopathological Research**, Kolkata, v. 41, p. 127-134, 2003.
- MONTANHIM, G. C. et al. Uso de biomassa de algas para a peletização de sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 867-877, 2014.
- NAKADA, P. G. et al. Desempenho durante o armazenamento de sementes de pepino submetidas a diferentes métodos de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 42-51, 2010.
- NASCIMENTO, I. L. et al. Superação da dormência em sementes de faveira (*Parkia platycephala* Benth). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 35-45, 2009.
- NASCIMENTO, W. M. O.; MORAES, M. H. D. Fungos associados a sementes de Açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3 p. 415-425, 2011.
- NASCIMENTO, W. M. O.; NOVENBRE, A. D. L. C.; CICERO, S. M. Consequências fisiológicas da dessecação em sementes de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 38-43, 2007.
- NERY, M. C. et al. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 477-483, 2014.
- NEVES, L. T. B. C. et al. Qualidade de frutos processados artesanalmente de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 729-738, 2015.

OCHUODHO, J. O.; MODI, A. T. Association of seed coat colour with germination of three wild mustard species with agronomic potential. In: REGIONAL UNIVERSITIES FORUM FOR CAPACITY BUILDING IN AGRICULTURE BIENNIAL MEETING, 2., 2010, Entebbe. **Proceedings...** Entebbe, 2010. p. 229-232.

OLIVEIRA, C. F. et al. Deterioração de sementes de espécies brasileiras de *Eugenia* em função da incidência e do controle de fungos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, p. 520-532, 2011.

OLIVEIRA, J. M. F.; SCHWENGBER, D. R.; SMIDERLE, O. J. **Ocorrência da Paricarana (*Bowdichia virgilioides*) em três municípios de Roraima e sua Relação com as Características do Solo**. Boa Vista: EMBRAPA Roraima, 2008. 5 p. (EMBRAPA Roraima. Comunicado Técnico, 21).

OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Teste de germinação de sementes de *Peltophorum dubium* (SPRENGEL) TAUBERT - FABACEAE. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 545-551, 2008.

OLIVEIRA, M. S. P.; CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. **Açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.)**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 52 p. (Série Frutas Nativas, 7).

OLIVEIRA, M. S. P.; FERNANDES, G. L. C. Repetibilidade de caracteres de cachos de Açaizeiro nas condições de Belém-PA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 613-616, 2001.

OLIVEIRA, M. S. P.; FARIAS NETO, J. T.; PENA, R. S. **Açaí: técnicas de cultivo e processamento**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007. 104 p.

OTONI, R. R.; MCDONALD, M. B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Seed Technology**, Lincoln, v. 27, n. 2, p. 243-247, 2005.

PACHECO, M. V.; MATOS, V. P. Método para superação de dormência tegumentar em sementes de *Apeiba tibourbou* Aubl. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 1, p. 62-66, 2009.

- PARENTE, V. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. R.; COSTA, A. M. **Palmito de pupunheira**: potencialidades regionais; estudo de viabilidade econômica. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Fundação Carlos Chaga, 2003. 26 p.
- PARISI, J. J. D. et al. Viability of *Inga vera* Willd. subsp. *affinis* (DC.) TD Penn. embryos according to the maturation stage, fungal incidence, chemical treatment and storage. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 70-76, 2013.
- POWELL, A. A. The importance of genetically determined seed coat characteristics to seed quality in grain legumes. **Annals of Botany**, London, v. 63, p. 169-195, 1989.
- PROBERT, R.; SMITH, R. Seed viability and the prediction of longevity. In: \_\_\_\_\_. **Seed conservation training course**. Jaboticabal: UNESP, 1996.
- RAMÍREZ, H.; CALDERON, A.; ROCCA, W. Técnicas moleculares para evaluar y mejorar el germoplasma vegetal. In: ROCCA, W.; MROGINSKI, L. (Ed.). **Cultivo de tejidos en la agricultura, fundamentos y aplicaciones**. Cali: CIAT, 1991. p. 825-856.
- RANATHUNGE, K. et al. Properties of the soybean seed coat cuticle change during development. **Planta**, Berlin, v. 231, n. 5, p. 1171-1188, 2010.
- ROGEZ, H. **Açaí**: preparo, composição e melhoramento da conservação. Belém: EDUFPA, 2000. 313 p.
- ROLSTON, M. P. Water impermeable seed dormancy. **Botanical Review**, Bronx, v. 44, n. 3, p. 365-396, 1978.
- ROSA-MAGRI, M. M.; MENEGHIN, S. P. Avaliação das características germinativas da espécie arbórea sucupira- -preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae). **Bioikos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 3-10, 2014.
- SAKO, Y. et al. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.
- SANCHES, A. G. et al. Germinação e sanidade de sementes de Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) tratadas com fungicidas. **Holos**, Rio Claro, v. 31, n. 8, p. 87-97, 2015.

SANTANA, V. et al. Effects of soil temperature regimes after fire on seed dormancy and germination in six Australian Fabaceae species. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 58, n. 7, p. 539-545, Oct. 2010.

SHAO, S. et al. The outermost cuticle of soybean seeds: chemical composition and function during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, n. 5, p. 1071-1082, 2007.

SILVA, L. L. et al. Escarificação de sementes para desenvolvimento em plântulas de açaizeiro. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 9, n. 1, p. 72-78, 2015.

SILVA JÚNIOR, M. C. **100 árvores do cerrado**: sentido restrito. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2012. 304 p.

SMIDERLE, O. J.; SCHWENGBER, L. A. M. Superação da dormência em sementes de Paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 407-414, 2011.

SMÝKAL, P. et al. The role of the testa during development and in establishment of dormancy of the legume seed. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 5, n. 351, p. 1-19, 2014.

SONG, X. J. et al. A QTL for Rice grain width and weight encodes a previously unknown RING-type E3 ubiquitin ligase. **Nature Genetics**, New York, v. 39, p. 623-630, 2007.

SOUZA, T. V. et al. Water absorption and dormancybreaking requirements of physically dormant seeds of *Schizolobium parahyba* (Fabaceae - Caesalpinioideae). **Seed Science Research**, Wallingford, v. 22, n. 3, p. 169-176, Sept. 2012.

STRUDWICK, J.; SOBEL, G. L. Uses of *Euterpe oleracea* Mart. in the Amazon estuary, Brazil. **Advances in Economic Botany**, New York, v. 6, p. 225-253, 1988.

SUGDEN, A. A good hiding place. **Science**, New York, v. 339, n. 6124, p. 1125, 2013. Abstract.

SUN, X. et al. Transcriptional and hormonal signaling control of Arabidopsis seed development. **Current Opinion in Plant Biology**, Oxford, v. 13, n. 5, p. 611-620, Sept. 2010.

TAVARES, A. R. et al. Jussara palm seed germination under different shade levels. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 4, p. 492-494, 2008.

VENABLE, D. L.; BROWN, J. S. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. **American Naturalist**, Chicago, v. 131, p. 360-384, 1988.

VIDIGAL, D. S. et al. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M.; SADER, R. Teste de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. p. 31-47.

WANG, A. et al. The VQ motif protein IKU1 regulates endosperm growth and seed size in Arabidopsis. **Plant Journal**, Oxford, v. 63, n. 4, p. 670-679, Aug. 2010.

WEBER, E. A.; GRUBER, S.; CLAUPEIN, W. Emergence and performance of volunteer Oilseed Rape (*Brassica napus*) in different crops. **European Journal of Agronomy**, London, v. 60, n. 1, p. 33-40, Oct. 2014.

ZHANG, X. K. et al. Imbibition behavior and flooding tolerance of Rapeseed seed (*Brassica napus* L.) with different testa color. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 5, p. 1175-1184, 2008.



**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

**ARTIGO 1 - TÉCNICAS DE ANÁLISE DE IMAGEM PARA  
CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE SEMENTES DE  
PARICARANA *Bowdichia virgilioides* KUNTH**

TECHNICALS IMAGE ANALYSIS FOR THE CHARACTERIZATION OF  
PARICARANA SEEDS QUALITY *Bowdichia virgilioides* Kunth

Juliana Maria Espíndola Lima<sup>1</sup>, Oscar José Smiderle<sup>2</sup>, João Almir  
Oliveira<sup>3</sup>

*Normas da revista Ciência Florestal*

## RESUMO

A *Bowdichia virgilioides* Kunth., conhecida popularmente como paricarana, é uma espécie com potencial econômico paisagístico, madeireiro e para a recuperação de áreas degradadas. Objetivou-se com este trabalho a caracterização física e fisiológica de sementes de paricarana com diferentes cores do tegumento provenientes de 12 matrizes, utilizando técnicas de análise de imagem, além de verificar a eficiência do tratamento de superação de dormência aplicado às sementes. As sementes de 12 matrizes de paricarana foram classificadas visualmente em cor laranja e vermelho e além do auxílio do aparelho e software Groundeye®. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 12 x 2 (matrizes x cores) com quatro repetições. Foram avaliadas: morfometria das sementes e plântulas, radiografia, germinação, velocidade de embebição de sementes, velocidade de germinação e microscopia eletrônica de varredura das sementes. No teste de germinação realizou-se o tratamento de superação de dormência com água a 100°C por 10 segundo e para desinfestação superficial as sementes foram colocadas em hipoclorito de sódio a 2% por 5 minutos. As técnicas utilizadas para caracterização física das sementes de cor laranja e vermelho das 12 matrizes de paricarana são eficientes. As sementes de paricarana de cor laranja apresentam melhor qualidade física e fisiológica. O tratamento com água a 100°C por 10 segundos mais 5 minutos de imersão em hipoclorito a 2% é eficiente na superação de dormência e desinfestação das sementes de cor laranja e vermelho das 12 matrizes de paricarana.

**Palavras-chave:** morfologia externa; coloração de tegumento; dormência; matrizes.

## ABSTRACT

The *Bowdichia virgilioides* Kunth, popularly known as paricarana, have economic potential for landscaping, timber, and reforestation. The objective of this work was physical and physiological characterization of paricarana seeds from 12 matrices with different seed coat coloration, using image analysis techniques, and also evaluation of scarification treatment efficiency to determinate the seeds physiological quality. The seeds of 12 matrices of paricarana were ranged visually in two colors orange and red, also were used the assistance of Groundeye® hardware and software. The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement of 12 x 2 (matrices x colors) with four replications. The evaluations were: morphometry of the seed and seedling, x - rays, germination, speed of soaked seed, speed of germination and scanning electron microscopy of the seeds. In the germination test a scarification with water at 100°C for 10 seconds plus 5 minutes in hypochlorite 2% were made in the seeds to overcoming dormancy and surface disinfection. The techniques used to characterizing the physical quality of the orange and red

seeds of paricarana from 12 matrices are efficient. The orange seeds of paricarana have a better physical and physiological quality. Treatment with water at 100°C for 10 seconds plus 5 minutes immersion in hypochlorite 2% is efficient in breaking dormancy and disinfestation of orange and red seeds from the 12 matrices of paricarana.

**Keywords:** external morphology; integument coloration; dormancy; matrices.

## INTRODUÇÃO

A *Bowdichia virgilioides* Kunth. conhecida popularmente como paricarana ou sucupira-preta, está distribuída nos Estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Pará, Roraima e São Paulo. A árvore atinge até 16 m de altura, com flores bissexuadas, diclamídeas, de coloração violeta e seus frutos amadurecem entre os meses de outubro a março. As vagens são pequenas, achatadas e indeiscentes, com poucas sementes que, em geral, tem baixo percentual de germinação. Trata-se de uma espécie com potencial econômico por possuir várias utilizações, destacando-se os potenciais paisagístico, madeireiro e recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2008; SILVA JÚNIOR, 2005; SMIDERLE; SOUSA, 2003).

As sementes de paricarana têm dormência tegumentar, um tipo de dormência bastante comum em espécies da família Fabaceae, e embora seja um mecanismo eficiente para garantir a sobrevivência e perpetuação da espécie, a dormência se constitui num fator limitante à sua propagação, tendo em vista que apenas pequenas porcentagens das sementes germinam em condições naturais (LOPES et al., 1998; SMIDERLE; SCHWENGBER, 2011). No entanto, diversos métodos têm sido testados para romper a impermeabilidade do tegumento nessa espécie, como em Albuquerque et al. (2007) e Rosa-Magri e Meneghin (2014), que com o intuito de determinar o melhor método de superação de dormência dessa espécie, utilização tratamentos como escarificação mecânica com lixa, ácido sulfúrico, água fria e quente com diferentes temperaturas e tempos.

Dentre os trabalhos citados o ácido sulfúrico tem sido o mais recomendado para as sementes de paricarana, no entanto, é um tratamento oneroso que produz resíduos químicos, além dos perigos envolvendo o seu manuseio. No trabalho de Smiderle e Schwengber (2011), tem-se uma alternativa de fácil aplicação para que o produtor obtenha sementes de paricarana com alta germinação sem gerar resíduo ao meio ambiente, esse tratamento seria utilizar água a 100°C por 10 segundos para superação da dormência.

Por outro lado, estudos com ênfase na biologia das sementes de espécies florestais têm merecido atenção, por serem consideradas escassas as informações científicas que subsidiem planos de ação de manejo e conservação da diversidade biológica (BARBEDO; BILIA; FIQUEREDO RIBEIRO, 2002). O estudo da coloração do tegumento de sementes, por exemplo, tem sido associado

ao ambiente, estágio de maturação, desenvolvimento sequencial da planta mãe e/ou herdado geneticamente (LIU et al., 2007; CASTELLANI; AGUIAR; PAULA, 2009), ocasionando diferença de qualidade fisiológica das sementes como foi constatado por Liu et al. (2007) *Cyamopsis tetragonoloba* e Flores et al. (2014) *Melanoxylon brauna*. Essa característica está presente nas sementes de paricarana e pode ser analisada por técnicas de análise de imagem.

O desenvolvimento de novas técnicas para avaliação da qualidade física de sementes é importante para a obtenção de lotes de sementes mais uniformes e com maior pureza física. A análise por imagens da morfologia externa da semente têm sido utilizado para classificações mais precisas de características como forma, tamanho, textura e cor da semente (VENORA et al., 2007). Este método vem sendo aplicado em alguns trabalhos utilizando espécies comerciais da família Fabaceae como em Firathgil-Durmus et al. (2010) *Phaseolus vulgaris* L. e *Lens culinaris* Medik, Igathinathane, Pordesimo e Batchelor (2009) feijão, soja, ervilha, grão de bico e Venora et al. (2009) *Phaseolus vulgaris* L. O uso dessa técnica para espécies florestais pode trazer contribuições para o manejo e produção de mudas, por proporciona a obtenção de lotes de sementes com maior qualidade.

Além de características externas, existe a possibilidade de visualização das estruturas internas das sementes pela técnica não destrutiva de utilização do aparelho de raios-x, que permite avaliar a qualidade física das sementes, quanto a visualização de ataque de pragas, má formações, rupturas no tegumento e sementes vazias (FORTI; CICERO; PINTO, 2010). O princípio da técnica é definido pela absorção, em diferentes quantidades e tempo de exposição dos raios-x pela semente, de acordo com suas estruturas, composição e densidade (ISTA, 2004). Em espécies florestais têm-se obtido sucesso na determinação da pureza física de sementes através deste método, como foi observado para as espécies *Platypodium elegans* Vog. (SOUZA et al., 2008), *Eremanthus erythropappus* DC. (FEITOSA et al., 2009) e *Bowdichia virgilioides* Kunth. (ALBURQUERQUE; GUIMARÃES, 2008).

A microscopia eletrônica é mais uma alternativa para visualização de características ultraestruturais dos tecidos vegetais (SILVA et al., 2007). O uso dessa técnica para visualização de espessura e camadas do tegumento das sementes, pode ser relacionado à dormência tegumentar e coloração de sementes associado à germinação. Mertz et al. (2009) constataram diferenças na estrutura tegumentar de sementes de soja preta e amarela relacionado com a permeabilidade do tegumento. Ou seja, essa técnica pode trazer informações sobre a estrutura tegumentar das sementes de paricarana, pelo qual não foram encontrados trabalhos relacionados.

Dessa forma, objetivou-se avaliar a caracterização física de sementes e plântulas de paricarana com diferentes cores do tegumento provenientes de 12

matrizes, utilizando técnicas de análise de imagem, além de verificar a eficiência do tratamento de superação de dormência na qualidade fisiológica das sementes.

## MATERIAL E MÉTODOS

As sementes foram coletadas de matrizes localizadas na capital de Boa Vista e no município do Amajari - Roraima em 2014 (Tabela 1). Após a coleta as vagens foram levadas para o laboratório de sementes da Embrapa Roraima, onde foi realizado o beneficiamento das sementes, as quais foram armazenadas em sacos plásticos e enviadas para o laboratório de sementes da Universidade Federal de Lavras para realização das avaliações de qualidade física e fisiológica.

TABELA 1: Coordenadas das matrizes de paricarana coletadas na capital de Boa Vista e no município do Amajari, Roraima, 2014.

TABLE 1: Coordinates of paricarana matrices collected in the capital Boa Vista and Amajari city of Roraima, 2014.

Matrizes	Local	Coordenadas	
1	Boa Vista	02°51'01,9"N	60°39'04,8"W
2	Amajari	03°35'23,5"N	60°57'15,9"W
3	Boa Vista	03°06'07,3"N	60°49'14,9"W
4	Boa Vista	02°48'09,1"N	60°41'36,9"W
5	Boa Vista	02°51'05,9"N	60°39'04,8"W
6	Boa Vista	02°51'01,9"N	60°39'04,8"W
7	Boa Vista	02°50'04,9"N	60°40'11,2"W
8	Boa Vista	02°50'08,6"N	60°41'25,3"W
9	Boa Vista	02°48'11,0"N	60°41'34,6"W
10	Boa Vista	02°48'44,5"N	60°40'57,8"W
11	Amajari	03°34'0,99"N	60°56'38,7"W
12	Amajari	03°34'20,1"N	60°56'44,3"W

Para a seleção de cores das sementes das 12 matrizes realizou-se classificação manual com auxílio de lupa dividindo-se para cada matriz sementes de cor laranja e vermelho totalizando 500 sementes para cada cor. Em seguida as sementes foram colocadas na bandeja do aparelho de análise de morfologia externa de sementes Groundeye®, que contém uma câmera de alta resolução ligada a um computador que permite a visualização e análise das sementes em tempo real por meio de um software de análise de imagens próprio. Através desse software pode-se realizar uma classificação mais detalhada das

sementes quanto a cor, utilizando o sistema de cores HSB para a matiz (tonalidade) e o brilho, e o sistema RGB para predominância da cor vermelho.

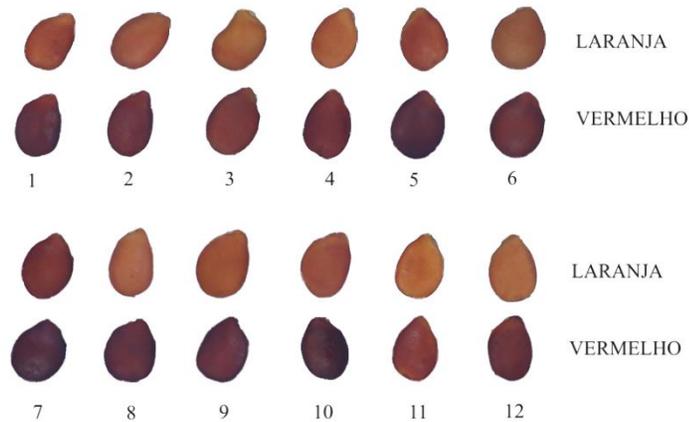


FIGURA 1: Sementes de paricarana classificadas por cor do tegumento (laranja e vermelho) de 12 matrizes coletadas na capital de Boa Vista e no município do Amajari, Roraima, 2014.

FIGURE 1: paricarana seeds ranged by color integument (orange and red) from 12 matrices collected in the capital Boa Vista and Amajari city of Roraima, 2014.

Os parâmetros de matiz, brilho e predominância de cor é baseado em uma escala de 0 a 360 (matiz), 0,0 a 1,0 (brilho) e 0 a 255 (predominância de cor) relacionada aos *pixels* da imagem. Para matiz quanto menor este valor a tonalidade da semente será mais clara e quanto maior mais escura, já em brilho e predominância de cor vermelho ocorre o inverso. Diante das imagens capturadas foram gerados relatórios com dados das características analisadas que variaram de acordo com a cor das sementes de cada matriz, como pode ser observado na Tabela 1 relacionando-se com a Figura 1.

TABELA 2: Classificação de cores das sementes de paricarana de acordo com os parâmetros básicos HSB – Matiz e Brilho e RGB - Predominância da cor vermelho, UFLA, Lavras – MG, 2014.

TABLE 2: Color of paricarana seeds ranged according to HSB – Hue and Brightness, and RGB – Red color predominance parameters, UFLA, Lavras – MG, 2014.

Matriz	Matiz		Brilho		Cor vermelho	
	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho
1	93,17	288,23	0,41	0,34	112,45	90,37
2	89,45	252,75	0,42	0,34	116,58	94,16
3	36,84	78,44	0,47	0,42	130,25	115,83
4	39,29	131,13	0,47	0,40	128,55	110,16
5	100,10	326,00	0,40	0,30	110,16	75,94
6	77,56	205,14	0,39	0,34	110,27	95,54
7	306,03	325,37	0,28	0,21	76,81	48,77
8	80,04	288,21	0,42	0,33	117,51	93,25
9	66,63	272,76	0,43	0,32	120,00	92,71
10	261,03	329,89	0,34	0,27	91,62	70,94
11	37,28	62,61	0,50	0,45	138,55	122,96
12	36,59	181,07	0,48	0,37	129,80	102,94

Em que: As médias de matiz, brilho e cor vermelho são referentes a valores que variaram entre 0 a 360, 0,0 a 1,0 e 0 a 255, respectivamente.

O delineamento experimental estabelecido foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 12 x 2 (matrizes x cores) com quatro repetições. As avaliações realizadas foram:

Morfometria de sementes: foi utilizado o mesmo aparelho e software (Groundeye®) da classificação das cores das sementes, onde as sementes foram dispostas aleatoriamente na bandeja do aparelho e então se capturou as imagens para análise morfométrica das sementes. As características da morfometria selecionadas para análise foram o diâmetro máximo e diâmetro mínimo de cada semente das duas cores das 12 matrizes. Utilizou-se quatro repetições de 50 sementes para cada matriz e suas cores, onde ao final da captura das imagens o software gerou relatórios com as informações extraídas das características avaliadas, os resultados foram expressos em centímetros.

Raios - X: utilizou-se o aparelho Faxitron X - Ray com ajuste automático de intensidade de radiação (26 Kvp) e tempo de exposição (19 segundos), para cada cor de cada matriz separou-se quatro repetições de 50 sementes, que foram dispostas em fita dupla face sobre folha de transparência.

Depois de feitas as radiografias das sementes, contabilizou-se o número de sementes cheias, cujos resultados foram em porcentagem.

**Germinação:** para a montagem do teste as sementes foram submetidas ao tratamento de superação de dormência com água a 100°C por 10 segundos de acordo com Smiderle e Schwengber (2011), em seguida foram imersas em hipoclorito a 2% por 5 minutos, para desinfestação superficial, e posterior lavagem para a retirada do produto. As sementes foram semeadas em substrato papel germitest umedecido com água destilada 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009), e mantidas em germinador a temperatura constante de 25°C. Utilizou-se quatro repetições de 50 sementes para cada cor e matriz com contagens diárias até o 14º dia após o início do teste. Além da germinação foram avaliados o número de sementes duras, embebidas, mortas e plântulas anormais, com resultados foram expressos em porcentagem.

**Velocidade de sementes embebidas:** foi conduzido conjuntamente com a germinação anotando-se diariamente o número de sementes embebidas, as sementes de paricarana após a embebição adquirem a coloração preta independente da cor original da semente, esta característica foi utilizada para determinação de sementes embebidas. Ao final do teste calculou-se o índice, segundo Maguire (1962), através do somatório do número de sementes embebidas em cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a embebição das sementes.

**Velocidade de germinação:** foi conduzido conjuntamente com a germinação anotando-se diariamente o número de sementes germinadas. Ao final do teste calculou-se o índice, através do somatório do número de sementes germinadas em cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação (MAGUIRE, 1962).

**Morfometria das plântulas:** foram utilizados quatro repetições de 30 plântulas aproveitadas do teste de germinação no 14º dia, para a realização da morfometria das mesmas as plântulas foram retiradas cuidadosamente do papel germitest e colocadas na bandeja do aparelho Groundeye®, sem que elas se tocassem. A análise das imagens para a avaliação do comprimento das plântulas foi realizada automaticamente pelo software do aparelho, onde se avaliou o comprimento do hipocótilo/coleótilo e radícula, sendo os dados em centímetros.

**Microscopia eletrônica de varredura:** as sementes foram imersas em nitrogênio líquido e cortadas ao meio com auxílio de um bisturi, utilizou-se duas sementes de cada cor das 12 matrizes, após o corte foram imersas em solução fixativa (Karnovisk`s), pH 7,2, por 24 horas. Em seguida, foram lavadas em tampão cacodilato por três vezes, durante 10 minutos. A pós-fixação foi feita em tetróxido de ósmio 1% por uma hora e após esse período feitas lavagens com água destilada e desidratação em gradiente de acetona a 25, 50, 75, 90 e 100%, por três vezes. As amostras foram levadas para o aparelho de ponto crítico, onde

foi eliminado todo o resíduo de acetona, para posterior montagem em stubs sob fita de carbono e revestimento com ouro. A visualização das amostras foi feita em microscópio eletrônico de varredura LEO Evo40 e foram avaliadas a morfologia e espessura do tegumento.

Os resultados obtidos nas avaliações, com exceção da microscopia, foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias, com nível de significância a 5%, pelo teste de Scott-Knott, com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos quadrados médios observou-se em cada variável diferenças significativas na interação dos fatores em estudo (cor x matriz) para a maioria das variáveis, exceto para morfometria do diâmetro mínimo da semente, em que mesmo sem ter havido interação, os fatores isolados foram significativos. Baseando-se nesses resultados pode-se verificar a importância de cada fator em questão para a determinação da qualidade física e fisiológica de sementes de paricarana.

A primeira característica estudada foi a morfometria das sementes com auxílio do aparelho e software Groundeye®, que realizou medições do diâmetro máximo na vertical e diâmetro mínimo na horizontal de cada semente (Figura 2).

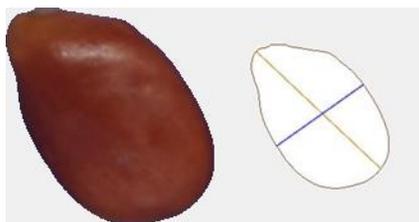


FIGURA 2: Imagem obtida do software Groundeye® mostrando o diâmetro máximo e o diâmetro mínimo da semente de paricarana. UFLA, Lavras - MG, 2014.

FIGURE 2: Image obtained by the Groundeye® software showing the maximum and minimum diameter of paricarana seed. UFLA, Lavras - MG, 2014.

A partir dessas imagens pôde-se observar na comparação entre matrizes de sementes cor laranja, que a matriz 11 foi superior em diâmetro máximo (0,52 cm) e as matrizes 5 e 6 (0,36 cm) tiveram maior diâmetro mínimo em relação as demais (Tabela 3). Já as sementes de cor vermelho das matrizes 2 e 11 (0,52 cm, ambas) se destacaram por apresentarem o maior diâmetro máximo, e as matrizes 2, 5, 6, 10 e 11 o maior diâmetro mínimo (0,32 cm).

Na comparação de cores para diâmetro máximo verificou-se diferenças significativas na matriz 2, em que as sementes de cor laranja (0,51 cm) apresentaram menor diâmetro em relação as sementes de cor vermelho (0,52 cm), já nas matrizes 5, 8 e 9 para sementes de cor laranja ocorreu o inverso. No diâmetro mínimo observou-se menor diâmetro para sementes de cor vermelho das matrizes 1, 3, 5 e 6 comparado com as sementes de cor laranja. Dentre as matrizes estudadas para as duas cores observou-se maior tamanho da semente para a matriz 11 e menor tamanho para matriz 7, com isso, verificou-se a diversidade de tamanhos que as sementes podem apresentar entre matrizes e dentro de uma mesma matriz, observando-se maior diferença nas medidas de todas as matrizes para o diâmetro máximo das sementes. Gonçalves et al. (2008) obtiveram resultados próximos avaliando diâmetro máximo (0,49 cm) e mínimo (0,35 cm) de sementes de 10 matrizes de paricarana na cidade de Cuiabá – MT, que possui condições climáticas e ambientais similares aos da região de coleta das sementes deste trabalho.

TABELA 3: Valores médios de diâmetro máximo, mínimo, radiografia e velocidade de sementes embebidas, de sementes de paricarana com duas cores (laranja e vermelho), provenientes de 12 matrizes de Boa Vista e Amajari - Roraima, 2014.  
 TABLE 3: Mean values of maximum and minimum diameter, x-rays, and speed of soaked seeds of paricarana seeds with two colors (orange and red), from 12 matrices of Boa Vista and Amajari - Roraima, 2014.

Matriz	MAX (cm)		MIN (cm)		RX (%)		VE (índice)	
	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho
1	0,51 bA	0,51 bA	0,35 bA	0,34 bB	98 aA	95 bA	8,99 dA	9,36 cA
2	0,51 bB	0,52 aA	0,35 bA	0,35 aA	86 bA	71 cB	11,49 bA	10,82 bB
3	0,49 cA	0,49 cA	0,35 bA	0,34 bB	98 aA	98 aA	11,16 bA	10,82 bB
4	0,49 cA	0,49 cA	0,34 cA	0,34 bA	100 aA	100 aA	12,27 aA	12,44 aA
5	0,49 cA	0,47 dB	0,36 aA	0,35 aB	100 aA	84 bB	11,42 bB	12,06 aA
6	0,47 dA	0,47 dA	0,36 aA	0,35 aB	93 bA	84 bB	11,68 bB	12,20 aA
7	0,43 eA	0,43 fA	0,32 dA	0,32 cA	100 aA	95 bA	12,32 aA	12,37 aA
8	0,47 dA	0,46 eB	0,32 dA	0,32 cA	100 aA	98 aA	10,04 cA	10,47 bA
9	0,47 dA	0,46 eB	0,32 dA	0,32 cA	100 aA	98 aA	9,56 cA	9,81 cA
10	0,47 dA	0,47 dA	0,35 bA	0,35 aA	96 aA	96 bA	7,86 dA	8,12 dA
11	0,52 aA	0,52 aA	0,35 bA	0,35 aA	90 bA	91 bA	6,97 dB	7,86 dA
12	0,49 cA	0,49 cA	0,34 cA	0,34 bA	100 aA	100 aA	12,34 aA	12,44 aA
Média	0,48	0,48	0,34	0,33	97	93	10,51	10,73
C.V.%	1,15		1,4		3,81		3,18	

Em que: MAX = diâmetro máximo, MIN = diâmetro mínimo, RX = radiografia, VE = velocidade de sementes embebidas. Na coluna, médias seguidas de letras distintas minúsculas diferem significativamente entre matrizes e maiúsculas na linha diferem entre cores pelo teste de Scott-Knotta 5% de probabilidade.

Na avaliação das estruturas internas das sementes com a utilização do aparelho de raios-x (Tabela 3), observou-se entre matrizes para sementes de cor laranja que a presença de danos físicos foi maior nas matrizes 2, 6 e 11, e para sementes de cor vermelho a matriz 2 foi a que apresentou menor qualidade física das sementes. Quando comparada as cores verificou-se diferença significativa nas matrizes 2, 5 e 6, onde sementes de cor laranja apresentaram maior percentual de cheias em relação às de cor vermelho. As radiografias mostraram boa qualidade física das sementes para as duas cores na maioria das matrizes, sendo os danos encontrados causados por ataque de insetos, a matriz 2 foi a que teve maior número de sementes infestadas por insetos nas duas cores de sementes. Por tanto, os valores de qualidade física das sementes das diferentes matrizes corroboraram com a avaliação da qualidade fisiológica.

Albuquerque e Guimarães, (2008) trabalhando com três lotes de sementes de paricarana, observaram diferenças de qualidade física com auxílio do aparelho de raios-x e sua relação com a qualidade fisiológica em Lavras – MG. Masetto, Faria e Queiroz (2008) trabalhando com sementes de Cedro conseguiram constatar diferenças de qualidade física com o auxílio do aparelho de raios-x, assim como, Souza et al. (2008) utilizando sementes de *Platypodium elegans*. Lima et al. (2013) em sua revisão literária e Tonetti, David e Silva (2006) trabalhando com qualidade física de sementes de Candeia, apontaram o teste utilizando radiografias como sendo o mais eficiente, por ser um método não destrutivo e capaz de identificar a qualidade física das sementes.

Outro fator importante estudado foi a velocidade em que as sementes foram embebidas durante a germinação (Tabela 3), observou-se que em sementes de cor laranja as matrizes 4, 7 e 12 atingiram o maior índice de sementes embebidas após a superação da dormência, e em sementes de cor vermelho as matrizes 4, 5, 6, 7 e 12 obtiveram índices acima de 12, sendo superior às demais. Com isso, pode-se observar a variação na velocidade de embebição entre as diferentes matrizes em resposta ao tratamento de remoção da camada impermeável das sementes, sendo este mais eficiente para as matrizes 4, 7 e 12, que obtiveram maior velocidade de sementes embebidas para as duas cores.

Pelos resultados da germinação (Tabela 4), observou-se diferenças significativas na qualidade fisiológica das sementes de cor laranja e vermelho, tanto entre as matrizes quanto entre as cores. Entre as matrizes das sementes de cor laranja que se destacaram foram 3, 4, 6 e 12 e para sementes de cor vermelho 1, 4 e 12. Com relação às cores pode-se observar que sementes de cor laranja atingiram maior porcentagem de germinação (88%) do que às de cor vermelho (80%). Verificou-se a relação da variável radiografia com a germinação, observando-se que a qualidade física não foi o fator agravante de redução da germinação para a maioria das matrizes, com exceção para a matriz 2, onde o ataque por insetos ocasionou os danos que conseqüentemente afetaram a

qualidade fisiológica das mesmas. Pode-se considerar por tanto, que efeito do tratamento de superação de dormência das sementes e/ou cor das sementes foram os fatores que influenciaram na qualidade fisiológica.

Resultados obtidos por Dalanhol et al. (2014) com três cores (amarelo, laranja e vermelho/preto) de sementes de paricarana no Paraná, constataram diferenças significativas, sendo as sementes de cor amarelo e laranja mais vigorosas do que as de cor vermelho/preto. Smiderle e Schwengber (2011) trabalhando com superação de dormência em sementes de paricarana em Boa Vista – RR obtiveram resultados próximos aos deste trabalho utilizando tratamento similar, com água a 100°C por 10 segundos + 1 minuto de imersão em hipoclorito de sódio. Já Albuquerque et al. (2007) obtiveram menor percentual de germinação de sementes de sucupira-preta utilizando tratamentos com ácido sulfúrico, água a 80°C e escarificação mecânica, quando comparando ao deste trabalho.

Smiderle, Mourão Júnior e Sousa (2005) trabalhando com sementes de Acácia obtiveram valores acima de 80% de germinação utilizando tratamento com água a 100°C por um minuto. Rodrigues et al. (2008) obtiveram valores decrescentes de germinação utilizando sementes de acácia com o tratamento de água a 100° C por 15, 30 e 60 segundos. Isto mostra que o tempo de permanência das sementes em água fervente pode danificar as membranas celulares ocasionando baixa germinação ou morte das mesmas, como foi observado por Smiderle e Schwengber (2011). Para as sementes de paricarana utilizadas neste trabalho o tempo de 10 segundos foi eficiente na superação de dormência para a maioria das matrizes, com destaque para as sementes de cor laranja, que responderam melhor ao tratamento.

TABELA 4: Valores médios de germinação, velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo/coleóptilo e comprimento de radícula de sementes de paricarana com duas cores (laranja e vermelho), provenientes de 12 matrizes de Boa Vista e Amajari - Roraima, 2014.

TABLE 4: Mean values of germination, germination speed, hypocotyls/coleoptile length and radicle length of paricarana seeds with two colors (orange and red), from 12 matrices of Boa Vista and Amajari - Roraima, 2014.

Matriz	GERM (%)		VG (índice)		CHC (cm)		CR (cm)	
	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho
1	89 bA	91 aA	3,95 bB	4,33 bA	1,33 cB	1,72 cA	2,54 dB	3,22 eA
2	77 cA	68 dB	3,74 cA	3,00 dB	1,62 bA	1,69 cA	4,31 aA	3,34 eB
3	95 aA	83 bB	4,73 aA	4,12 bB	1,70 bA	1,67 cA	4,33 aA	4,09 cA
4	97 aA	97 aA	4,82 aA	4,83 aA	1,99 aA	2,04 aA	4,61 aA	4,76 aA
5	92 bA	84 bB	4,42 bA	4,11 bA	1,57 bA	1,43 dB	4,51 aA	3,37 eB
6	96 aA	88 bB	4,24 bA	3,61 dB	1,39 cA	1,15 eB	3,13 cA	2,58 fB
7	90 bA	70 dB	4,55 aA	3,39 dB	1,65 bA	1,58 cA	3,37 cA	2,72 fB
8	84 bA	78 cA	4,16 bA	3,91 cA	1,72 bA	1,65 cA	3,93 bA	3,76 dA
9	90 bA	79 cB	4,37 bA	3,84 cB	1,63 bA	1,47 dB	4,05 bA	3,16 eB
10	69 cA	67 dA	2,99 dA	3,01 eA	1,39 cA	1,40 dA	4,50 aA	4,33 bA
11	74 cA	68 dA	3,00 dA	3,06 eA	1,06 dB	1,38 dA	2,43 dB	3,07 eA
12	99 aA	94 aA	4,94 aA	4,68 aA	1,92 aA	1,90 bA	4,80 aA	4,46 bB
Média	88	80	4,16	3,85	1,58	1,59	3,87	3,57
C.V.%	5,54		5,87		5,18		6,05	

Em que: GERM = germinação, VG = velocidade de germinação, CHC = comprimento hipocótilo/coleóptilo e CR = comprimento de radícula. Na coluna, médias seguidas de letras distintas minúsculas diferem significativamente entre matrizes e maiúsculas na linha diferem entre cores pelo teste de Scott-Knotta 5% de probabilidade.

Na velocidade de germinação (Tabela 4) das sementes de cor laranja as matrizes 3, 4, 7 e 12 obtiveram os maiores índices com relação as demais matrizes, e nas sementes de cor vermelho os melhores índices foram para as matrizes 4 e 12. Verificou-se que quando comparada as cores, as sementes de cor laranja foram superiores em desempenho do que às de cor vermelho para todas as matrizes, exceto matriz 1 em que ocorreu o inverso. O mesmo foi observado por Dalanhol et al. (2014) utilizando sementes de paricarana de diferentes cores no Paraná. Em Albuquerque et al. (2007) observou-se menores índices de velocidade de germinação para sementes de sucupira-preta utilizando diferentes tratamentos de superação de dormência, em relação ao deste trabalho.

Outras duas características estudadas foram comprimento de hipocótilo/coleótilo e radícula com o auxílio do Groundeye®. Na figura 3 pode ser verificado como foram realizadas as medições na plântula, a linha verde representa a medição do hipocótilo/coleótilo e a linha azul radícula. Observou-se para comprimento do hipocótilo/coleótilo (Tabela 4) que plântulas de sementes de cor laranja das matrizes 4 e 12 obtiveram maior crescimento em relação às demais, e em plântulas de sementes de cor vermelho a matriz 4 se destacou das demais com 2,04 cm de crescimento do hipocótilo/coleótilo. Na comparação de cores observou-se diferenças significativas nas matrizes 1 e 11, onde o crescimento foi maior para as sementes de cor vermelho e nas matrizes 5, 6 e 9 ocorreu o inverso. Masetto et al. (2009) conseguiram observar diferenças de qualidade em lotes de sementes de Crambe produzidas no Mato Grosso através da medição do comprimento do hipocótilo, o mesmo foi observado neste trabalho nas diferentes matrizes.

No comprimento de radícula (Tabela 4) as plântulas de sementes de cor laranja que atingiram o menor tamanho com relação às demais foram às das matrizes 1 e 11, e nas plântulas de sementes de cor vermelho 6 e 7. Quando comparada as cores observou-se que as plântulas de sementes de cor laranja da maioria das matrizes tiveram maior radícula, sendo assim consideradas mais vigorosas, porque quanto maior a radícula melhor será a absorção de nutrientes e água, além de melhor fixação da plântula no solo.

Na comparação da germinação com a morfometria das plântulas pode-se observar a relação do vigor com o percentual de germinação, onde em sua maioria sementes com maior comprimento de hipocótilo/coleótilo e radícula apresentaram germinação superior. O uso do Groundeye® para a avaliação de plântulas foi um método eficiente e preciso para determinar vigor.

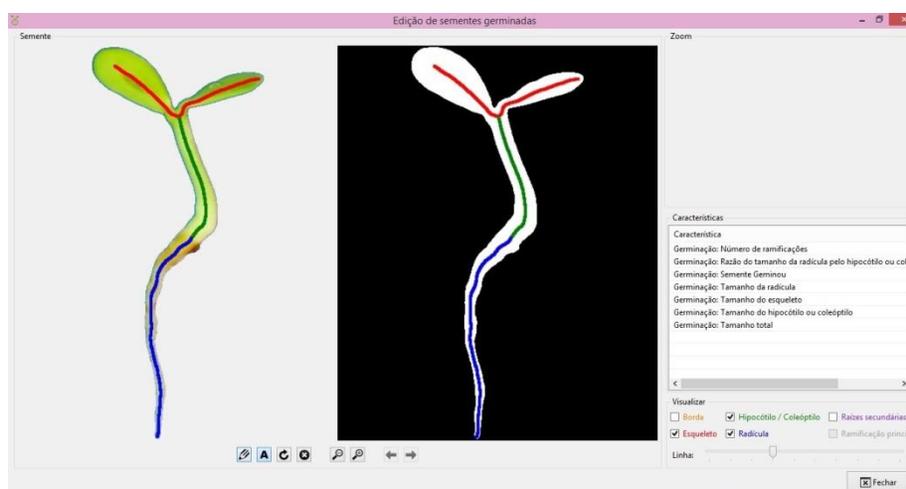


FIGURA 3: Comprimento do hipocótilo/coleótilo (linha verde) e da radícula (linha azul) da plântula de paricarana, obtidos do software Groundeye®. UFLA, Lavras - MG, 2014.

FIGURE 3: Length of hypocotyls/coleoptile (green line) and radicle (blue line) of paricarana seedling obtained by Groundeye® software. UFLA, Lavras - MG, 2014.

As sementes duras, embebidas, mortas e plântulas anormais (Tabela 5) também foram avaliadas com o intuito de se verificar a influência do tratamento de superação de dormência na germinação das sementes nas 12 matrizes e diferentes cores. Verificaram-se para sementes duras que as matrizes 10 e 11 atingiram percentual maior para as duas cores, categorizando menor eficiência do tratamento na remoção da camada impermeável das sementes. As matrizes 2, 6, 7, 8 e 9 de sementes de cor vermelho também apresentaram maior número de sementes duras com percentuais próximos de 10%, diante disto, observou-se maior impermeabilidade do tegumento para sementes de cor vermelho destas matrizes, e provavelmente para todas as matrizes citadas o aumento do tempo em água a 100°C poderia ser recomendado para retirar melhor a mucilagem e permitir a germinação.

Em sementes embebidas, observou-se que as matrizes 10 e 11 apresentaram maior porcentagem tanto para sementes de cor laranja quanto para cor vermelho, já na matriz 3 apenas para sementes de cor vermelho, podendo-se considerar que estas matrizes apresentaram alguma dormência no tegumento. Para sementes mortas apenas a matriz 2 mostrou número considerável de 11% em sementes de cor laranja e 22% nas de cor vermelho, justificado pelo efeito do ataque por insetos às sementes dessa matriz. A presença de plântulas anormais

foi maior nas matrizes 7, 8 e 9, podendo ser consequência da baixa qualidade das sementes ou consequência do tratamento de superação de dormência.

A germinação das sementes não foi afetada por fungos, sendo assim, o tratamento com hipoclorito eficiente no controle de patógenos. Pereira et al. (2014) obtiveram elevado número de sementes duras e embebidas trabalhando com 10 espécies de Fabaceae, utilizando tratamento térmico com água a 95°C para superação de dormência, o mesmo não foi observado nas sementes avaliadas para a maioria das matrizes de paricarana.

TABELA 5: Valores médios de sementes duras, embebidas, mortas e plântulas anormais de paricarana com duas cores de sementes (laranja e vermelho), provenientes de 12 matrizes de Boa Vista e Amajari - Roraima, 2014.

TABLE 5: Mean values of hard, soaked and dead seeds, and abnormal seedlings of paricarana with two seed colors (orange and red), from 12 matrices of Boa Vista and Amajari - Roraima, 2014.

Matriz	SD (%)		EMB (%)		MORT (%)		ANOR (%)	
	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho	Laranja	Vermelho
1	5	5	4	1	1	2	3	3
2	8	7	2	2	11	22	4	1
3	2	4	3	8	0	4	1	3
4	1	2	1	0	0	0	2	2
5	6	5	0	0	1	7	1	5
6	1	7	0	0	1	1	3	6
7	4	11	0	0	1	2	6	19
8	1	8	0	2	1	0	14	13
9	4	8	0	2	1	0	7	12
10	15	20	10	8	2	1	5	5
11	9	9	14	18	0	3	4	4
12	1	3	0	0	0	1	0	3
Média	5	7	8	10	1	4	4	7

Em que: SD = duras, EMB = embebidas, MORT = mortas e ANOR = plântulas anormais. Os dados são médias percentuais.

Na avaliação da microscopia eletrônica de varredura observou-se a estrutura do tegumento das sementes de cor laranja e vermelho das 12 matrizes, e constatou-se diferença de espessura no tegumento, sendo este, mais espesso na vertical do que na horizontal (Figura 4A), porém as medições, realizadas em todas as matrizes, apresentaram variação de espessura nas 12 matrizes não sendo possível relacionar com os testes fisiológicos, por não ter sido observado um padrão na espessura. Os valores variaram de 188,0  $\mu\text{m}$  a 620,1  $\mu\text{m}$  na vertical e de 111,7  $\mu\text{m}$  a 270,2  $\mu\text{m}$  na horizontal. A média geral de espessura na vertical para sementes de cor laranja foi 429,7  $\mu\text{m}$  e para sementes de cor vermelho 427,1  $\mu\text{m}$ , na horizontal foi 149,5  $\mu\text{m}$  (laranja) e 150,8  $\mu\text{m}$  (vermelho).

No tegumento das sementes foi possível identificar três camadas, a epiderme da testa formada por macrosclereídes alongadas no sentido radial, hipoderme da testa formada apenas por uma camada de células colunares e as células parenquimatosas (Figura 4B), a camada mucilaginosa presente nas sementes e que é responsável por causar a impermeabilidade não foi visualizada através deste método. Mertz et al. (2009) conseguiram observar diferenças de estrutura do tegumento de sementes de soja preta e amarela relacionado a impermeabilidade utilizando microscopia eletrônica, o mesmo não foi observado nas duas cores de sementes estudadas, pois ambas apresentam as mesmas características no tegumento, podendo ser diferente apenas a quantidade de cutícula presente em cada cor, como pode ser observado maior número de sementes dormentes em sementes de cor vermelho para a maioria das matrizes.

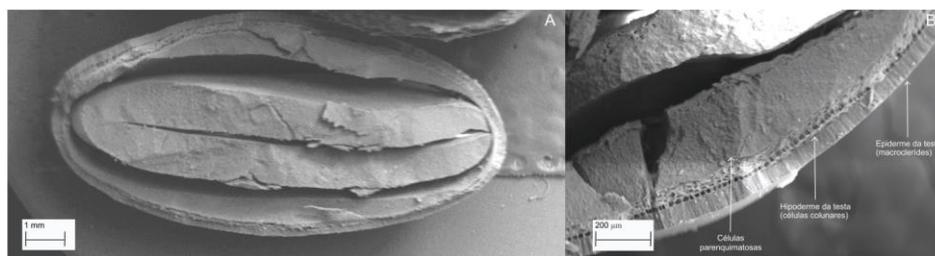


FIGURA 4: Imagens da estrutura do tegumento das sementes de paricarana, obtidas por meio de microscópio eletrônico de varredura. Aumento médio de 27X (A) e 181X (B). UFLA, Lavras - MG, 2014.

FIGURE 4: Images of the tegument structure of paricarana seeds, obtained by a scanning electron microscope. Average increase of 27X (A) and 181X (B). UFLA, Lavras - MG, 2014.

Pelos resultados da microscopia, verificou-se que uma matriz de paricarana pode produzir sementes de cores laranja e vermelho com diferentes espessuras de tegumentos, porém a espessura não parece ocasionar redução no

desempenho fisiológico das sementes, devido a espessura do tegumento onde ocorre a protrusão da radícula (horizontal) não ser muito espessa comparado com a vertical, por isso, a quantidade de cutícula presente nas sementes continua sendo o maior impedimento para a germinação.

Os métodos utilizados para a caracterização das sementes foram eficientes mostrando as diferenças de qualidade física, fisiológica e vigor entre as matrizes e as cores. Bem como o método de superação de dormência aplicado que também foi eficiente em remover a impermeabilidade do tegumento das sementes de paricarana promovendo a germinação acima de 70% para a maioria das matrizes nas duas cores, assim como, o método de desinfestação foi eficiente no controle de patógenos.

As sementes de cor laranja responderam melhor ao tratamento de superação de dormência além de apresentarem melhor qualidade fisiológica. As matrizes 4 e 12 foram as que obtiveram maior percentual de germinação e vigor para as duas cores, podendo essas duas matrizes serem utilizadas para a produção de mudas por apresentarem sementes de boa qualidade.

## CONCLUSÕES

Os métodos utilizados para caracterização física das sementes de cor laranja e vermelho das 12 matrizes de paricarana são eficientes.

As sementes de paricarana de cor laranja apresentam melhor qualidade física e fisiológica.

O tratamento com água a 100°C por 10 segundos mais 5 minutos de imersão em hipoclorito a 2% é eficiente na superação de dormência e desinfecção das sementes de cor laranja e vermelho das 12 matrizes de paricarana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, K. S. et al. Métodos para a superação da dormência em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1716-1721, nov. 2007.

ALBUQUERQUE, K. S.; GUIMARÃES, R. M. Avaliação da qualidade de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) pelo teste de Raios – X. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1713-1718, nov. 2008.

BARBEDO, C. J.; BÍLIA, D. A. C.; FIQUEREDO-RIBEIRO, R. C. L. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia chinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 431-439, dez. 2002.

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

- CASTELLANI, E. D.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Bases para a padronização do teste de germinação em três espécies de *Solanum L.* **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 3, n. 2, p. 77-85, 2009.
- DALANHOL, S. J. et al. Teste de Condutividade Elétrica em Sementes de *Bowdichia virgilioides* Kunth. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, p. 69-77, jan. 2014.
- FEITOSA, S. S. et al. Estudos de viabilidade de sementes de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) Macleish por meio de testes de germinação e raios x. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 393-399, abr. 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistic analysis system. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov. 2011.
- FIRATLIGIL-DURMUS, E. et al. Identification of Sicilian landraces and Canadian cultivars of lentil using an image analysis system. **Food Research International**, [s. l.], v. 40, p. 161-166, jan. 2007.
- FLORES, A. V. et al. Efeito do substrato, cor e tamanho de sementes na germinação e vigor de *Melanoxylon braúna*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 78, p. 141-147, abr. 2014.
- FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 123-133, set. 2010.
- GONÇALVES, J. V. S. et al. Caracterização física e avaliação da pré-umbebição na germinação de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth). **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 330-334, out. 2008.
- IGATHINATHANE, C.; PORDESIMO, L. O.; BATCHELOR, W. D. Major orthogonal dimensions measurement of food grains by machine vision using ImageJ. **Food Research International**, [s. l.], v. 42, p. 76-84, jan. 2009.
- ISTA. **International rules for seed testing**. Zurich, 2004. 180 p.
- LIMA, L. K. S. et al. Utilização de técnicas na avaliação de sementes por imagem ACSA. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Campus de Patos, v. 9, n. 3, p. 01-06, jul. 2013.
- LIU, W. et al. Association of seed coat color with seed water uptake, germination, and seed components in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub). **Journal of Arid Environment**, [s. l.], v. 70, p. 29-38, jul. 2007.
- LOPES, J. C. et al. Germinação de sementes de espécies florestais de *Caesalpinia férrea* Mart. ExTul. Var. *leiostachya* Benth., *Cassia grandis* L. e *Samanea saman* Merrill, após tratamento para superar a dormência. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 20, n. 1, p. 80-86, 1998.
- LORENZI H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum; 2008. 384 p.

- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, mar. 1962.
- MASETTO, T. E. et al. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de crambe produzidas no estado de mato grosso do sul. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 107-113, 2009.
- MASETTO, T. E.; FARIA, J. M. R.; QUEIROZ, S. E. E. Avaliação da qualidade de sementes de cedro (*Cedrelafissilis* - meliaceae) pelo teste de raios x. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1708-1712, nov. 2008.
- MERTZ, L. M. et al. Diferenças estruturais entre tegumentos de sementes de soja com permeabilidade contrastante. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 023-029, 2009.
- PEREIRA, V. J. et al. Eficiência dos tratamentos para a superação ou quebra de dormência de sementes de Fabaceae. **Revista de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 37, p. 187-197, jun. 2014.
- RODRIGUES, A. P. D. C. et al. Tratamentos para superar a dormência de sementes de *Acacia mangium* Willd. **Acta Science Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 279-283, 2008.
- ROSA-MAGRI, M. M.; MENEGHIN, S. P.; Avaliação das características germinativas da espécie arbórea sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth - Fabaceae). **Bioikos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 3-10, jan. 2014.
- SILVA JÚNIOR, M. C. (org). **100 Árvores do Cerrado**: guia de campo. Brasília: Rede de sementes do Cerrado. 2005. 278 p.
- SILVA, P. A. et al. Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 15-22, 2007.
- SMIDERLE, O. J.; MOURÃO JÚNIOR, M.; SOUSA, R. C. P. Tratamentos pré-germinativos em sementes de Acácia. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, n. 1, p. 78-85, 2005.
- SMIDERLE, O. J.; SCHWENGBER, L. A. M. Superação da dormência em sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 407-414, 2011.
- SMIDERLE, O. J.; SOUSA, R. C. P. Dormência em sementes de Paricarana (*Bowdichia virgilioides* kunth - FABACEAE - PAPILIONIDAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, n. 1, p. 72-75, dec. 2003.
- SOUZA, L. A. et al. Uso de raios-x na avaliação da qualidade de sementes de *Platypodium elegans* Vog, **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 343-347, abr. 2008.
- TONETTI, L. O. A. O.; DAVID, A. C.; SILVA, E. A. A. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina v. 28, n. 1, p. 114-121, 2006.

VENORA, G. et al. Identification of Italian landraces of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using an image analysis system. **Scientia Horticulturae**, [s. l.], v. 121, p. 10-418, ago. 2009.

VENORA, G. et al. Identification of Sicilian landraces and Canadian cultivars of lentil using an image analysis system. **Food Research International**, [s. l.], v. 40, p. 161-166, jan. 2007.



**ARTIGO 2 - CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E  
ARMAZENAMENTO EM DOIS AMBIENTES DE SEMENTES DE AÇAÍ  
(*Euterpe oleracea* MART.)**

Juliana Maria Espíndola Lima <sup>1\*</sup>

Oscar José Smiderle <sup>2</sup>

João Almir Oliveira <sup>3</sup>

**FORMATADO DE ACORDO COM A NBR 6022 (ABNT, 2003),**

**ADAPTADO A NORMA DA UFLA.**

---

<sup>1</sup> Laboratório de sementes da Universidade Federal de Lavras, Câmpus Universitário,  
Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG (E-mail: espindolaj5@hotmail.com)

<sup>2</sup> Embrapa Roraima, BR-174, Km 8 - Distrito Industrial, CEP 69301-970, Boa Vista, RR

<sup>3</sup> Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Câmpus Universitário,  
Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras - MG.

\*Autor correspondente: espindolaj5@hotmail.com

## RESUMO

Estudos sobre os aspectos morfológicos e fisiológicos de sementes de espécies recalcitrantes têm se intensificado com a finalidade de armazenagem pelo maior período possível e menor perda de viabilidade. No presente trabalho objetivou-se realizar a caracterização morfológica e a avaliação da qualidade de sementes de Açaí com diferentes graus de umidade e armazenamento por 180 dias em dois ambientes. As sementes de Açaí foram divididas em três diferentes graus de umidade (35, 30 e 20%) e armazenadas em câmara fria a 10°C e ambiente natural por 180 dias com quatro épocas de avaliação (zero, 60, 120 e 180 dias). O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial 3 x 2 x 4 (graus de umidade x ambientes x épocas de avaliação), com quatro repetições. Realizou-se caracterização morfológica de sementes e plântulas, e determinação da qualidade das sementes pelo: grau de umidade, germinação, tetrazólio, emergência de plântulas, velocidade de emergência e atividade enzimática das enzimas: malato desidrogenase, álcool desidrogenase, superóxido desmutase, peroxidase, catalase, esterase e isocitrato liase. Pelos resultados obtidos verificou-se que as sementes de Açaí com 35% e 30% de umidade têm melhor qualidade fisiológica. O melhor ambiente de armazenamento é o natural. Independente do armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes de Açaí não é mantida por 180 dias.

**Palavras-chave:** Secagem. Recalcitrância. Grau de umidade.

**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION AND STORAGE OF AÇAÍ  
SEEDS (*Euterpe oleracea* MART.) IN TWO ENVIRONMENTS**

**ABSTRACT**

Studies on the morphological and physiological aspects of seeds of recalcitrant species have intensified with the aim of storing for the longest time-period possible, with the least loss of vitality. This work aimed at conducting a morphological characterization and evaluation of the quality of açai seeds with different degrees of moisture, and storage for 180 days in two environments. The seeds were divided into three different moisture degrees (35, 30 and 20%) and stored in cold chamber at 10°C and natural environment for 180 days, with four evaluation times (zero, 60, 120 and 180 days). The experimental design used was completely randomized, in a 3 x 2 x 4 factorial arrangement (moisture degree x environment x times of evaluation), with four replicates. The morphological characterization of the seeds and plantlets, as well as the determination of seed quality, were conducted using moisture degree, germination, tetrazolium, plantlet emergence, emergence speed and the activity of enzymes malate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase, superoxide dismutase, peroxidase, catalase, esterase and isocitrate liase. With the results obtained, we verified that the açai seeds with 35% and 30% of moisture present better physiological quality. The best storage environment is the natural environment. Regardless of storage, the physiological quality of the açai seeds cannot be maintained for 180 days.

**Keywords:** Drying. Recalcitrance. Moisture degree.



## 1 INTRODUÇÃO

O Açaí (*E. oleracea*), que também pode ser chamado de açaí-do-pará, açaí-do-baixo-amazonas, açaí-de-touceira, açaí-da-várzea, juçara, juçara-de-touceira e açaí-verdadeiro, é conhecido comercialmente pelo consumo dos frutos e do palmito, sendo oriundo da região amazônica do país (Amazonas e Pará) podendo ser encontrado também no Amapá, Maranhão, Mato grosso e Tocantins. O maior produtor e consumidor é o estado do Pará que possui as mais densas e diversificadas populações nativas em áreas naturais de várzeas. Apesar de existirem regiões de cultivo do Açaí, a maior parte da produção ainda é extrativista com o uso da espécie nativa (FARIAS NETO et al., 2012; SANTOS; CREÃO-DUARTE; LUNZ, 2015).

O meio de propagação mais utilizado na constituição do plantio em solo firme ou em áreas de várzeas nas comunidades ribeirinhas são as sementes, porém alguns problemas são encontrados como a germinação lenta e desuniforme, além da recalcitrância que impede o armazenamento das sementes por longos períodos (NASCIMENTO, 2008).

Sementes recalcitrantes são comuns em espécies florestais de região tropical, suas sementes apresentam elevado teor de água, não tolerando secagem a teores de água muito baixos e o armazenamento em baixas temperaturas (ROBERTS, 1973). Apesar das dificuldades encontradas para conservação dessas sementes, o estudo de técnicas adequadas de beneficiamento pode possibilitar a manutenção da viabilidade, chegando-se ao limite tolerável de secagem e de armazenamento, permitindo assim, o uso dessas sementes para fins de semeadura em períodos mais prolongados (BOVI; MARTINS; SPIERING, 2004; GUEDES et al., 2012).

Além da importância na conservação das sementes, outro fator importante é o estudo da morfologia de frutos, sementes e plântulas em seus estágios iniciais, pois permite a diferenciação de espécies através de suas

estruturas. Esse conhecimento é fundamental para subsídio na produção de mudas, estabelecimento das plantas em condições naturais, análise em laboratório, identificação de espécies em viveiros e reconhecimento da planta no campo (GUERRA; MEDEIROS FILHO; GALHÃO, 2006; SILVA et al., 2012a, 2015).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho realizar a caracterização morfológica de sementes e plântulas e análise da qualidade das sementes de Açaí com diferentes graus de umidade durante o armazenamento em dois ambientes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de fevereiro de 2014 a agosto de 2014. Os frutos de Açaí (*E. oleracea*) nativo foram coletados no Município de Anorí - AM (latitude 3°46'24" Sul e longitude 61°38'40" Oeste) em janeiro de 2014. Após a coleta, os frutos foram enviados para o setor de sementes da Embrapa Roraima, Boa Vista – RR.

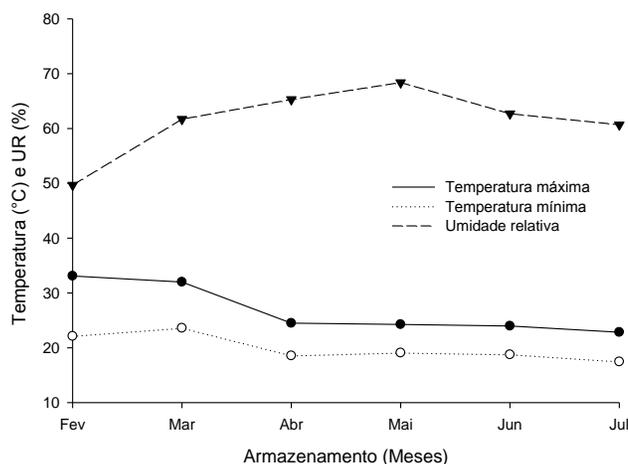
O despulpamento foi feito com auxílio mecânico e lavagem com água até a remoção completa da polpa das sementes, sendo em seguida colocadas para secar em casa de vegetação em temperatura ambiente. Após a secagem para 30% de umidade, as sementes foram acondicionadas em caixas de isopor e enviadas para o laboratório central de sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG, onde foram realizados a caracterização morfológica e os testes de qualidade física, fisiológica e isoenzimas. A escolha de 30% de umidade para o envio das sementes foi para evitar danos causados por aumento na respiração das sementes ocasionado pela umidade elevada, além da possível proliferação de microrganismos. As sementes utilizadas apresentaram tamanho médio de 9,95 mm de comprimento e 10,62 mm de largura, caracterizadas como grandes.

As sementes após chegarem à UFLA foram divididas em três lotes. No primeiro lote elevou-se o grau de umidade para 35% submergindo as sementes em água destilada até atingirem a umidade desejada, o segundo lote foi mantido com 30% de umidade, e no terceiro lote realizou-se a secagem para 20%, colocando-se as sementes em estufa de secagem com circulação de ar à temperatura constante de 25°C até que atingissem a umidade requerida.

As sementes de todos os lotes foram tratadas com fungicida Vitavax Thiran na proporção de 250 mL/100 kg de sementes, em seguida, foram embaladas em sacos plásticos transparentes (20 cm largura x 30 cm de comprimento x 0,13 mm de espessura) e seladas em máquina para embalagens

(modelo BS320). Após o tratamento fungicida e o acondicionamento nos sacos plásticos, as sementes foram armazenadas por 180 dias, com quatro épocas de avaliação (zero, 60, 120 e 180 dias), em dois ambientes de armazenagem no laboratório central de sementes da UFLA. Um ambiente foi controlado na câmara fria a 10°C e UR 60% e o outro foi em sala com temperatura ambiente, sendo realizado o monitoramento de temperatura e umidade relativa durante o período de armazenamento (Gráfico 1). O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 3 x 2 x 4 (três graus de umidade das sementes, 35, 30 e 20% x dois ambientes, câmara fria e ambiente natural x quatro épocas de avaliação, zero, 60, 120, e 180 dias de armazenamento), com quatro repetições.

**Gráfico 1.** Controle de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (UR, %) durante o armazenamento por 180 dias em ambiente natural de sementes de Açaí, UFLA, Lavras - MG, 2014.



Na caracterização morfológica avaliaram-se a olho nu com auxílio de lupa as estruturas morfológicas das sementes e plântulas. Nas sementes foram realizados cortes transversais na linha da rafe para observação e identificação

das estruturas internas das sementes utilizando 100 sementes com 35% de umidade. A caracterização do desenvolvimento das plântulas foi realizada também utilizando 100 sementes com 35% de umidade, e foram colocadas para germinar em papel germitest umedecido com água destilada. Semanalmente foram tiradas fotos das sementes a partir do início da protrusão da radícula até 90 dias.

Ao final, as fotos foram combinadas em uma única imagem mostrando a morfologia das plântulas e o seu desenvolvimento do período de 35 a 90 dias, com o auxílio do programa Corel Draw PHOTO PAINT X7, o mesmo foi feito para a morfologia das sementes.

Grau de umidade: determinado pelo método de estufa a  $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, em que foram realizados cortes nas sementes, em tamanhos menores que 7,0 mm para melhor retirada da umidade, utilizaram-se quatro repetições com peso de cinco sementes inteiras para cada tratamento, os resultados foram dados em porcentagem (BRASIL, 2009).

Germinação: utilizou-se substrato papel germitest umedecido com água destilada 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009). Para cada amostra em questão, foram usadas quatro repetições com 50 sementes cada, mantidas em germinador à temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ . A avaliação da germinação foi realizada a cada sete dias até os 90 dias, e os resultados foram expressos em porcentagem.

Tetrazólio: realizou-se um pequeno corte na lateral das sementes com bisturi para facilitar a absorção de água pelas sementes, que permaneceram 24 horas submersas em água destilada em BOD a  $25^{\circ}\text{C}$ . Após o período de embebição das sementes, foi realizado um corte transversal na linha da rafe com auxílio de estilete e martelo expondo assim o embrião. Utilizou-se apenas uma das metades das sementes, que foram submersas em tetrazólio a 1% e mantidas em BOD a  $30^{\circ}\text{C}$  por 24 horas. A avaliação foi realizada pela coloração do embrião junto com o tecido de reserva, sementes viáveis apresentaram coloração

de vermelho claro a intenso e sementes inviáveis de vermelho escuro a preto ou branco. Os resultados foram dados em porcentagem de sementes viáveis.

Emergência de plântulas: foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes de cada repetição foram semeadas a três centímetros de profundidade, em caixas plásticas (45 cm de comprimento, 20 cm de largura e 10 cm de altura), contendo substrato de areia e terra na proporção de 1:2. As caixas plásticas foram mantidas em sala de crescimento vegetal à temperatura de 30°C. As contagens das plântulas normais emergidas foram realizadas diariamente até 90 dias, os resultados foram expressos em porcentagem.

Velocidade de emergência de plântulas: foi conduzida juntamente com a emergência de plântulas anotando-se diariamente o número de plântulas, a partir do início da emergência. Ao final do teste calculou-se o índice de velocidade de emergência de plântulas, utilizando a fórmula proposta por Maguire (1962).

Isoenzimas: foram utilizadas sementes armazenadas em deep freezer (-81°C) de cada época de avaliação do armazenamento, macerando uma amostra de 10 sementes de cada tratamento em moinho (modelo IKA<sup>®</sup> A11 basic) contendo Polyvinylpyrrolidone (PVP) e nitrogênio líquido para evitar aquecimento e oxidação, sendo em seguida cada amostra armazenada em deep freezer (-81°C). Retiraram-se logo após subamostras de 100 mg, nas quais foram adicionados o tampão de extração (Tris HCl 0,2 M pH 8) na quantidade de 3,0 vezes o peso de cada amostra (peso adaptado) e 0,1% de β-mercaptoetanol, acrescentou-se 0,1% fenilhidrazina ao tampão de extração para extração da enzima iso-citrato liase. O material foi colocado em refrigerador “overnight” e, depois, centrifugado a 14.000 rpm, por 30 minutos, a 4°C. Foram aplicados 40μL do sobrenadante no gel de poliacrilamida e promovida à corrida eletroforética, por quatro horas, a 150 V. Os géis foram revelados para enzimas:

álcool desidrogenase, malato desidrogenase, peroxidase e superóxido dismutase, catalase, esterase e iso-citrato liase, segundo Alfenas (2006).

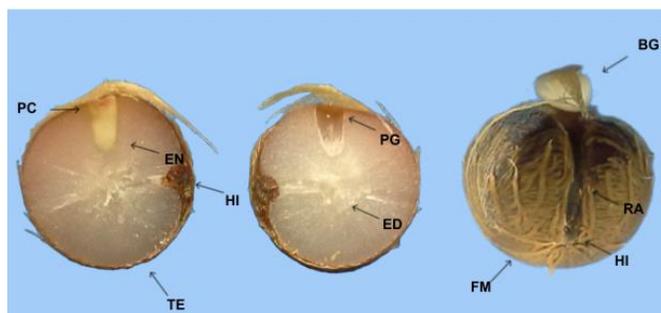
Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparação de médias, com nível de significância a 5%, pelo teste de Tukey, e na análise de regressão considerou-se o coeficiente de determinação e a significância pelo teste t a 1% de probabilidade, com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).



### 3 RESULTADOS

As sementes de Açaí (*E. oleracea*) apresentam forma circular (Figura 1) com diferentes tamanhos, porém neste trabalho utilizaram-se somente sementes caracterizadas grandes. Na parte externa das sementes denominada por tegumento observou-se a presença de fibras mesocárpicas que envolviam a semente, e uma linha de rafe ligando o hilo ao poro germinativo que é coberto por uma proteção chamada opérculo.

**Figura 1.** Caracterização morfológica de sementes de Açaí em corte transversal e inteira. **PC** - pecíolo cotiledonar; **EN** - embrião; **HI** - hilo; **TE** - tegumento; **PG** - poro germinativo; **ED** - endosperma; **FM** - fibras mesocárpicas; **RA** - rafe; **BG** - botão germinativo.

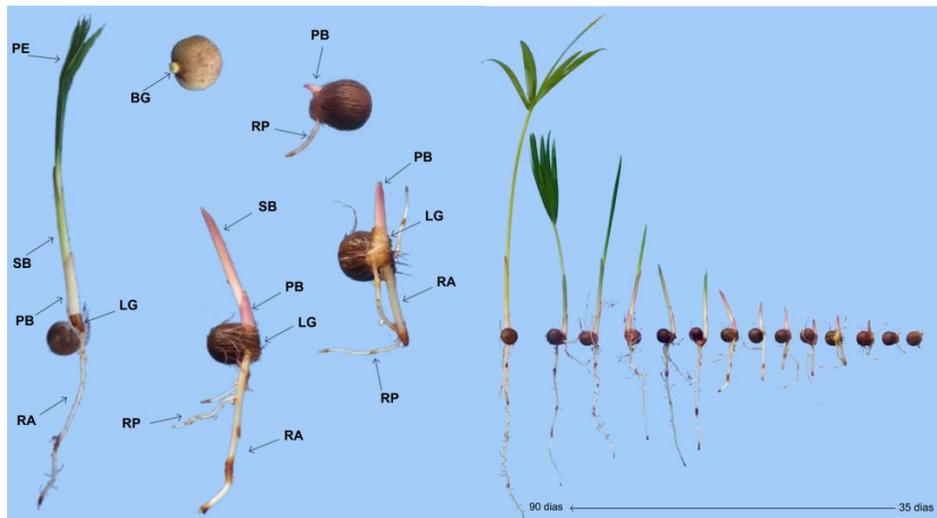


Na parte interna da semente foi observado o endosperma ocupando todo o espaço da semente ao redor do embrião, o embrião apresentou tamanhos variados com valor médio de 3,31 mm, em algumas sementes verificou-se ausência de embrião. Na estrutura do embrião foi possível visualizar o pecíolo cotiledonar que dá origem ao broto germinativo no processo de germinação. O período médio de início da germinação das sementes observado foi de 30 a 35 dias, porém verificou-se maior tempo para algumas sementes.

No processo germinativo das sementes foi observado o início da protrusão do pecíolo cotiledonar ocasionado pelo alongamento do embrião (Figura 2), onde o pecíolo cotiledonar deu forma ao broto germinativo, e essa

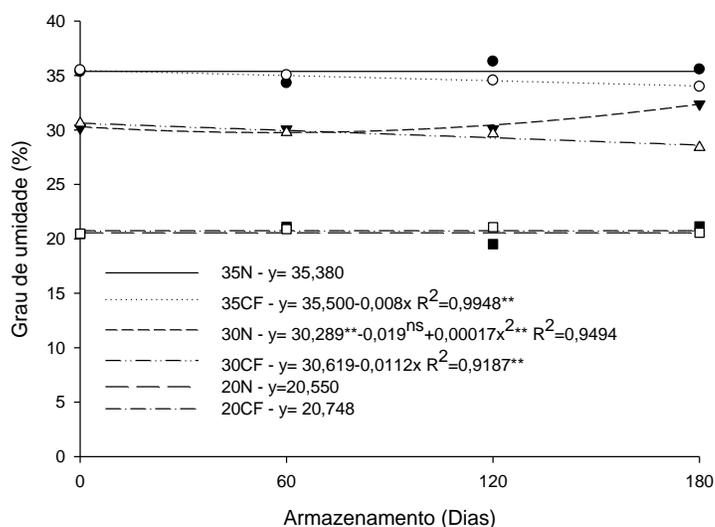
estrutura se desenvolveu na lígula cotiledonar seguida pela raiz primária e primeira bainha plumular. A raiz adventícia, a segunda bainha e o primeiro eófilo (primeira folha) foram as últimas estruturas a serem desenvolvidas na fase de plântula, e aos 90 dias as plântulas apresentaram o tamanho médio de 20 cm.

**Figura 2.** Caracterização do processo germinativo de sementes de Açaí. **BG** - broto germinativo; **PB** - primeira bainha; **RP** - raiz primária; **LG** - lígula; **RA** - primeira raiz adventícia; **SB** - segunda bainha; **PE** - primeiro eófilo.



No armazenamento das sementes de Açaí pelo período de 180 dias em diferentes ambientes foram observadas diferenças significativas quanto à variação do grau de umidade (Gráfico 2). Nas sementes com 35% de umidade, armazenadas em ambiente natural, verificou-se diferença significativa apenas aos 60 dias com a perda de umidade para 34,6%. Esse percentual foi elevado aos 120 dias para 36,2% e reduzindo a 35,6% aos 180 dias. No armazenamento em câmara fria não se obteve diferença significativa do grau de umidade sendo a variação de 33,9% a 35,5%.

**Gráfico 2.** Médias percentuais do grau de umidade de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias, com diferentes teores de água, em câmara fria e ambiente natural na UFLA, Lavras - MG, 2014. 35N (●) - 35% de umidade ambiente natural; 35CF (○) - 35% de umidade ambiente câmara fria; 30N (▼) - 30% de umidade ambiente natural; 30CF (△) - 30% de umidade ambiente câmara fria; 20N (■) - 20% de umidade ambiente natural; 20CF (□) - 20% de umidade ambiente câmara fria. \*\*Significativo a 1% pelo teste t.

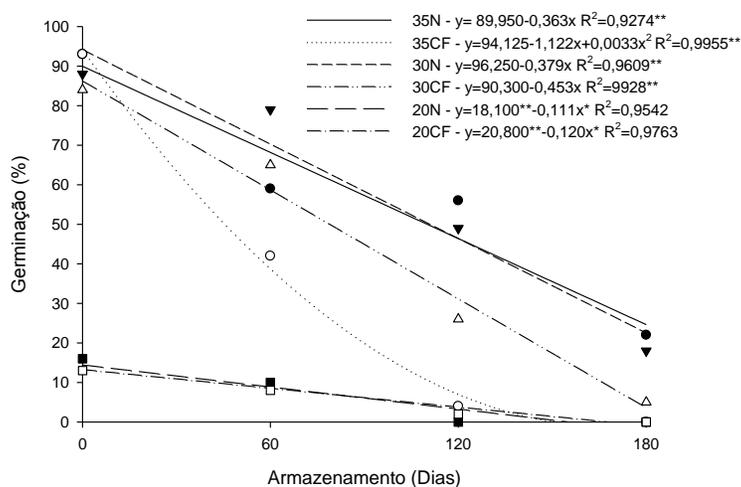


As sementes com 30% de umidade tiveram elevação significativa estatisticamente do grau de umidade (32,4%) ao final do armazenamento no ambiente natural, e em câmara fria houve o decréscimo para 28,4% aos 180 dias. Nas sementes com 20% de umidade inicial observou-se variação significativa apenas no ambiente natural, onde o maior percentual de umidade foi aos 60 dias (21,1%) e o menor foi aos 120 dias (19,5%), não havendo variação aos 180 dias, e em câmara fria não houve diferença significativa durante todo o armazenamento. Não foi observada relação direta da variação do grau de umidade das sementes armazenadas em ambiente natural, com a temperatura e UR na sala de armazenamento (Gráfico 1), podendo ser justificado por não terem sido observadas mudanças bruscas de temperatura e UR ao longo do

armazenamento, e mediante isso, houve pouca variação no grau de umidade das sementes.

Na avaliação da germinação foram observadas pelos resultados (Gráfico 3) diferenças significativas quanto ao grau de umidade das sementes durante o armazenamento para os dois ambientes. Ao zero dia nos dois ambientes, as sementes com 35% de umidade obtiveram percentual de germinação superior acima de 90%, as sementes com 30% de umidade tiveram porcentagem acima de 80%, e nas sementes com 20% de umidade verificou-se queda significativa inferior a 20%.

**Gráfico 3.** Médias percentuais de germinação de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias, com diferentes teores de água, em câmara fria e ambiente natural na UFLA, Lavras - MG, 2014. 35N (●) - 35% de umidade ambiente natural; 35CF (○) - 35% de umidade ambiente câmara fria; 30N (▼) - 30% de umidade ambiente natural; 30CF (△) - 30% de umidade ambiente câmara fria; 20N (■) - 20% de umidade ambiente natural; 20CF (□) - 20% de umidade ambiente câmara fria. \*\*Significativo a 1% pelo teste t.

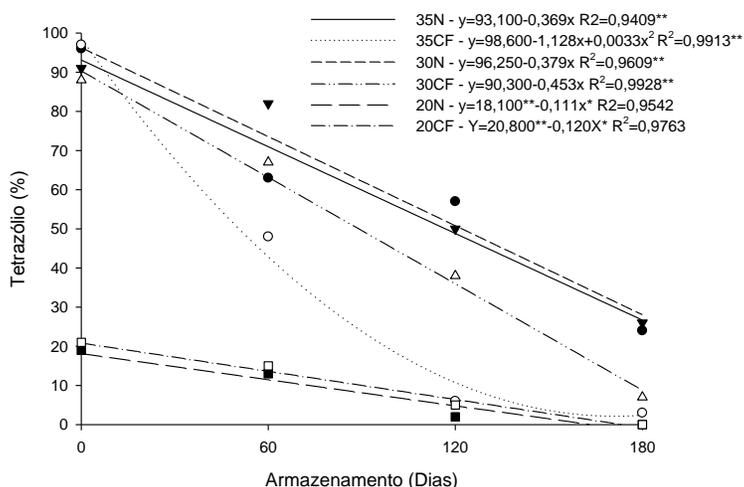


Ao longo do armazenamento o percentual de germinação foi reduzido tanto para as sementes com 35, 30 e 20% de umidade, armazenadas em ambiente

natural, quanto para as de câmara fria (Gráfico 3). Porém observou-se redução maior da germinação após 60 dias de armazenamento para as sementes mantidas em câmara fria. Verificou-se também, que apesar de as sementes com 30% de umidade apresentarem germinação inicial pouco inferior às de 35%, observou-se menor queda na germinação aos 60 dias para ambos os ambientes. Além de não apresentarem diferença significativa na redução da germinação aos 120 e 180 dias em ambiente natural, quando comparadas às sementes com 35% de umidade do mesmo local de armazenamento.

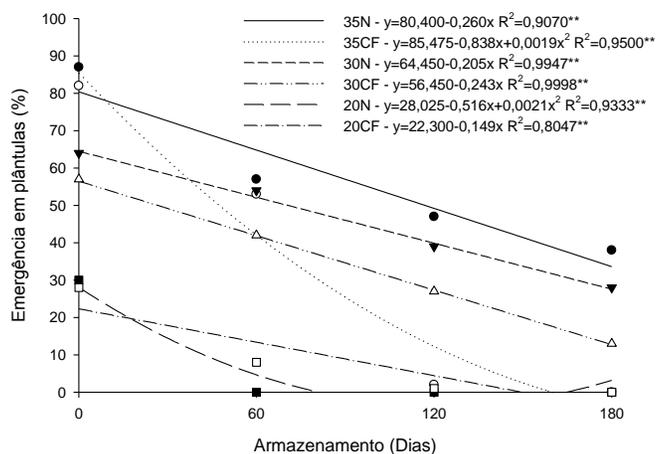
A metodologia utilizada para o teste de tetrazólio foi eficiente em determinar a viabilidade das sementes de Açaí apresentando resultados semelhantes aos obtidos na germinação. É possível observar no gráfico 4 a perda de vigor das sementes ao longo do tempo relacionado com a secagem, o ambiente e o armazenamento. Sementes com 35% de umidade são mais vigorosas no início do armazenamento, porém apresentaram maior perda de vigor do que as sementes com 30% de umidade aos 60 dias, podendo isto, ser justificado pelo armazenamento com elevado grau de umidade das sementes causando maior respiração e conseqüentemente acelerando a deterioração das sementes. Já as sementes com 20% de umidade tiveram seu vigor afetado pela secagem, devido aos danos causados às membranas celulares pela retirada de água das sementes.

**Gráfico 4.** Médias percentuais de tetrazólio de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias, com diferentes teores de água, em câmara fria e ambiente natural na UFLA, Lavras - MG, 2014. 35N (●) - 35% de umidade ambiente natural; 35CF (○) - 35% de umidade ambiente câmara fria; 30N (▼) - 30% de umidade ambiente natural; 30CF (△) - 30% de umidade ambiente câmara fria; 20N (■) - 20% de umidade ambiente natural; 20CF (□) - 20% de umidade ambiente câmara fria. \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



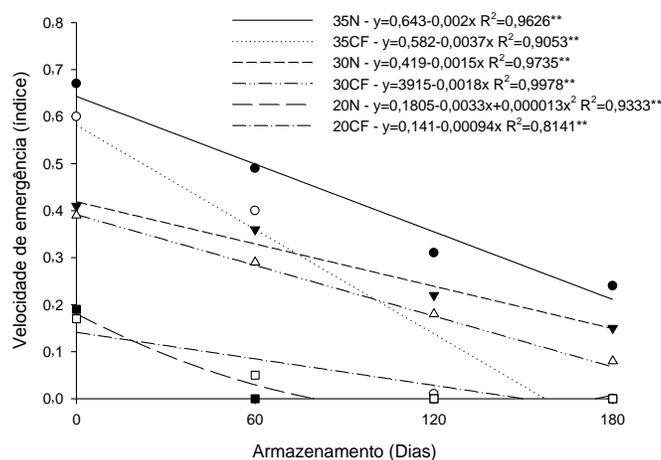
Na avaliação da emergência de plântulas (Gráfico 5) observou-se percentual acima de 80% para sementes com 35% de umidade aos zero dias, e percentual inferior para as sementes com umidade de 30% e 20% no dois ambientes. Ao longo do armazenamento é possível verificar a diferença na emergência das plântulas provenientes do armazenamento em ambiente natural e de câmara fria, onde os menores valores de emergência são das sementes oriundas do ambiente de câmara fria.

**Gráfico 5.** Médias percentuais de emergência de plântulas de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias, com diferentes teores de água, em câmara fria e ambiente natural na UFLA, Lavras - MG, 2014. 35N (●) - 35% de umidade ambiente natural; 35CF (○) - 35% de umidade ambiente câmara fria; 30N (▼) - 30% de umidade ambiente natural; 30CF (△) - 30% de umidade ambiente câmara fria; 20N (■) - 20% de umidade ambiente natural; 20CF (□) - 20% de umidade ambiente câmara fria. \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



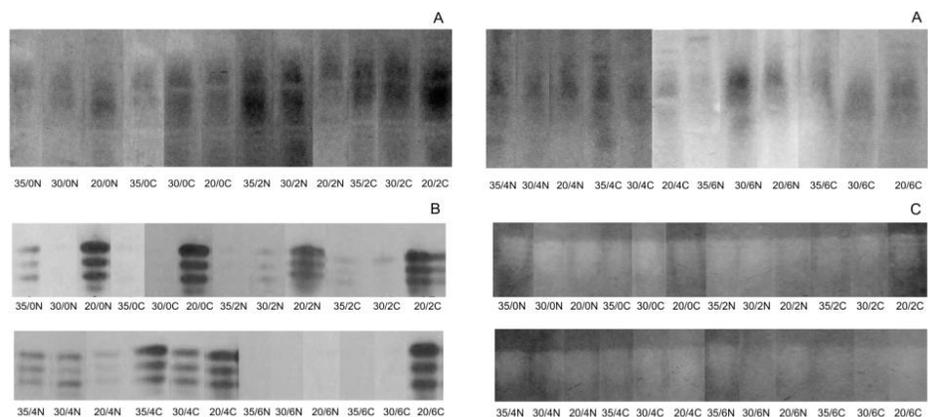
Pela análise dos dados de velocidade de emergência das sementes antes do armazenamento (em zero dias) verificou-se queda do vigor relacionado à secagem (Gráfico 6), sendo o índice médio das sementes com 35% de umidade superior em relação ao das sementes com 30% e 20% de umidade nos dois ambientes. Durante o armazenamento observou-se redução da velocidade de emergência para todos os tratamentos com queda mais acentuada para as sementes armazenadas em câmara fria. O índice menor foi obtido nas sementes com 20% de umidade nos dois ambientes, devido à secagem realizada nas sementes que causou redução da qualidade fisiológica.

**Gráfico 6.** Médias de velocidade de emergência de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias, com diferentes teores de água, em câmara fria e ambiente natural na UFLA, Lavras - MG, 2014. 35N (●) - 35% de umidade ambiente natural; 35CF (○) - 35% de umidade ambiente câmara fria; 30N (▼) - 30% de umidade ambiente natural; 30CF (△) - 30% de umidade ambiente câmara fria; 20N (■) - 20% de umidade ambiente natural; 20CF (□) - 20% de umidade ambiente câmara fria. \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



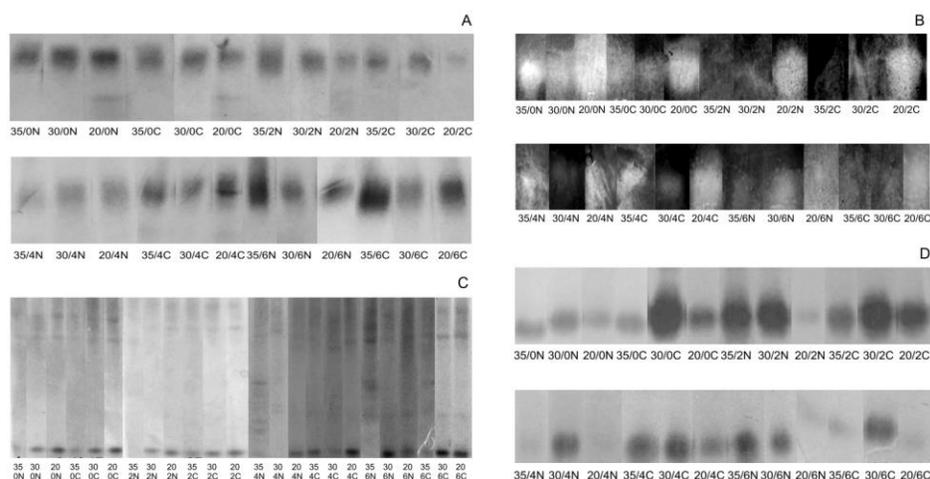
As enzimas malato desidrogenase (MDH) presentes nas sementes de Açaí tiveram intensidade de bandas em todas as umidades, e nos dois ambientes durante todo o armazenamento (Figura 3A), porém essa intensidade foi maior aos 60 dias. Verificou-se também a redução de intensidade das bandas aos 120 e 180 dias, podendo ser justificado por ocasião da redução de oxigênio disponível dentro das embalagens atrelado à deterioração das sementes.

**Figura 3.** Enzimas: A - malato deshidrogenase, B - álcool deshidrogenase e C – superóxido desmutase de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias, com diferentes teores de água em dois ambientes na UFLA, Lavra – MG, 2014. Os números 35, 30, 20 referem ao grau de umidade; os números 0, 2, 4 e 6 são representam às épocas de avaliação; as letras N e C são referentes ao ambiente natural e câmara fria.



Para a enzima álcool deshidrogenase (ADH) observou-se que as sementes com umidade de 20% tiveram maior intensidade de bandas (Figura 3B) ao zero e 60 dias, e reduzida aos 120 e 180 dias, quando armazenadas em ambiente natural. Já as sementes com 20% de umidade e armazenadas em câmaras fria tiveram intensidade de bandas em todas as épocas de avaliação, sendo isso um indicativo de maior dano causado pela secagem e armazenamento frio. As sementes com 35% e 30% de umidade tiveram aumento na atividade da enzima ADH apenas aos 120 dias para os dois ambientes de armazenamento.

**Figura 4.** Enzimas: A - peroxidase, B - catalase, C - esterase e D - isocitrato liase de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias, com diferentes teores de água em dois ambientes na UFLA, Lavra – MG, 2014. Os números 35, 30, 20 referem ao grau de umidade; os números 0, 2, 4 e 6 são representam às épocas de avaliação; as letras N e C são referentes ao ambiente natural e câmara fria.



Na atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD) verificou-se intensidade de bandas durante os 180 dias em todas as umidades, e nos dois ambientes de armazenamento (Figura 3C), no entanto, houve intensidade das bandas um pouco maior ao zero e 60 dias.

Com a avaliação da peroxidase (PO) (Figura 4A) também se verificou intensidade de bandas durante todo o armazenamento, porém observou-se maior intensidade em zero dia e em 180 dias do armazenamento. Na enzima catalase (CAT) (Figura 4B) ao zero dia, observou-se intensidade de banda para as sementes de todas as umidades nos dois ambientes. Já dos 60 aos 180 dias só foi verificada intensidade de bandas em sementes com umidade de 20% para os dois ambientes.

A atividade da enzima esterase (EST) teve maior intensidade de bandas nas sementes com umidades de 30% e 20%, para os dois ambientes durante todo o armazenamento (Figura 4C), sendo esse aumento na atividade relacionado

com o processo deteriorativo, causado pela secagem e tempo de armazenagem, onde houve maior necessidade de atividade da EST para preservação das membranas celulares das sementes.

Para a intensidade de banda da isocitrato liase (ICL) observou-se aumento na intensidade ao zero dia, para as sementes com 30% e 20% de umidade, armazenadas em câmara fria. Verificou-se também o mesmo aumento de intensidade aos 60 dias para as sementes com 35% e 30% de umidade em ambiente natural e para as três umidades armazenadas em câmara fria. Aos 120 dias a intensidade de bandas foi reduzida, havendo presença de banda apenas para as sementes armazenadas em ambiente natural com umidade de 30%, e para as sementes das três umidades armazenadas em câmara fria. Já aos 180 dias observou-se presença de bandas para as sementes provenientes de ambiente natural com 35% e 30% de umidade e sementes com 30% de umidade, armazenadas em câmara fria.



#### 4 DISCUSSÃO

Na avaliação da morfologia das sementes e plântulas de Açai verificaram-se as mesmas características morfológicas (Figura 1 e 2) encontradas em algumas espécies de palmeiras estudadas por Silva et al. (2006), *Bactris gasipaes* Kunth; Charlo et al. (2006), *Archontophoenix alexandrae* e Queiroz e Bianco (2009), *Oenocarpus bacaba*, sendo por isso, adotada a nomenclatura de identificação estrutural das sementes e plântulas desses autores, neste trabalho.

No início da germinação verificou-se a predominância do desenvolvimento de apenas uma raiz primária, mas em algumas sementes foi possível observar o crescimento de duas ou três raízes primárias antes e durante o desenvolvimento da raiz principal adventícia. Isso pode ser justificado pela maior necessidade de absorção de água da plântula, promovendo assim o crescimento de mais raízes primárias.

Quando se avaliou o crescimento da parte aérea e da radícula, para algumas plântulas foram observados tamanhos variados dessas duas estruturas em plântulas no mesmo estágio de desenvolvimento. Observaram-se plântulas com parte aérea bem desenvolvida, porém com radícula pouco desenvolvida e o inverso. Essa variação no desenvolvimento das plântulas pode estar relacionado com a qualidade fisiológica das sementes.

Após o desenvolvimento da plântula, o crescimento continuará em alongamento caulinar (estipes), com desenvolvimento de folhas, em forma pinada e composta, e crescimento das raízes adventícias até a formação da planta adulta que pode atingir tamanho superior a 20 metros. Cada planta pode dar origem a vários estipes com tamanhos variados compondo a chamada touceira, porém é recomendado no máximo cinco estipes por touceira para boa produção de frutos (NOGUEIRA; FIGUEIRÊDO; MÜLLER, 2005).

Na avaliação do grau de umidade (Gráfico 1) observou-se que em ambos os ambientes, o grau de umidade das sementes foi alterado durante o armazenamento com a maior variação em torno de 2% para as sementes com 35% e 30% de umidade e 1% para as sementes com 20% de umidade, porém quando comparados os dois ambientes, observou-se melhor estabilidade do teor de água das sementes na câmara fria, onde a temperatura e UR do ambiente foram constantes.

Foi verificado também que as embalagens plásticas utilizadas não foram eficientes em manter constante o teor de água das sementes por serem embalagens semipermeáveis. Martins, Bovi e Nakagawa (2007) e Martins, Nakagawa e Ramos (2011) ambos trabalhando com *Euterpe espirosantensis* obtiveram variação no grau de umidade das sementes embaladas em embalagens plásticas com 20 mm de espessura, armazenadas por 54 semanas em câmara fria a 15°C. E Ribeiro et al. (2010) também constataram variação no grau umidade de sementes de *Euterpe edulis* durante armazenamento por 480 dias em embalagens de polietileno de baixa densidade.

Com relação à germinação (Gráfico 3) observou-se o efeito da elevação do grau de umidade das sementes para 35%, relacionado com a perda de qualidade aos 60 dias de armazenamento, em valores inferiores aos das sementes com 30% umidade, não sendo por isso, recomendado elevação do grau de umidade para posterior armazenamento. Porém verificou-se também que as sementes com 30% de umidade que foram embebidas pela submersão em água destilada para elevação do grau de umidade, caracterizando o lote de sementes com 35% de umidade, apresentaram maior percentual de germinação inicial (zero dias), do que quando comparadas com as sementes que foram postas para germinar com 30% e 20% de umidade, sendo por isso, benéfico o período de pré-embebição por ajudar na entrada de água nas sementes acelerando a germinação.

Pode-se afirmar que a secagem das sementes causou visível redução da viabilidade das mesmas, sendo 20% de umidade não recomendada para essa espécie. Além de ter sido observada a redução da qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento, sendo esta perda mais acentuada para as sementes armazenadas em ambiente de câmara fria. Muxfeldt et al. (2007), trabalhando com sementes recalcitrantes de *Cryptocarya aschersoniana*, constataram queda da germinação nas sementes com grau de umidade abaixo de 30%. Ribeiro et al. (2010) verificaram germinação inferior a 75% em sementes de *E. edulis* apresentando umidade acima de 40% aos 150 dias de armazenamento. Nery et al. (2014) constataram o mesmo decréscimo no percentual de germinação em sementes recalcitrantes de *Guarea kunthiana* e *Protium heptaphyllum* com diferentes teores de água, e armazenamento por 90 dias em câmara fria a -20°C. Já Brasileiro et al. (2011) obtiveram germinação acima de 80% em sementes recalcitrantes de Nêspera tratadas com fungicida Captan e acondicionadas em embalagens plásticas, com teor de água acima de 60%, e armazenamento a 8°C por 180 dias. Martins et al. (1999) trabalhando com sementes de *E. oleracea* com diferentes teores de água afirmam que a faixa crítica do grau de umidade está entre 36,4% a 34,2%, diferindo do verificado neste trabalho.

A metodologia desenvolvida para a determinação da viabilidade das sementes de Açaí pelo uso do tetrazólio foi eficiente em diferenciar os tratamentos de secagem e embebição, e ambiente de armazenagem das sementes ao longo de 180 dias de armazenamento. O mesmo também foi observado por Rego et al. (2013) que conseguiram visualizar a perda de viabilidade de sementes recalcitrantes de *Blepharocalyx salicifolius* e *Casearia decandra* com diferentes teores de água através do teste de tetrazólio. A disponibilidade de metodologias para aplicação do teste de tetrazólio para espécies florestais ainda é muito escassa, sendo em muitos casos necessário desenvolver metodologias

para determinadas espécies, como foi realizado para as sementes de Açaí neste trabalho.

Na emergência de plântulas (Gráfico 5) verificou-se a diferença de vigor das sementes com os diferentes graus de umidade durante o armazenamento. Como também foi observado por Nascimento, Cicero e Novembre (2010) e Nascimento, Novembre e Cicero (2007) em sementes de *E. oleracea* com diferentes teores de água, onde o percentual de emergência de plântulas foi próximo ao deste trabalho para as três umidades estudadas, indicando o mesmo limite de secagem em torno de 30% de umidade. Silva et al. (2015) trabalhando com sementes úmidas de Açaí armazenadas em refrigeração a 5°C tiveram baixa emergência de plântulas, como também foi neste trabalho para as sementes armazenadas em câmara fria.

Em relação à velocidade de emergência de plântulas (Gráfico 6) observou-se redução do índice, sendo os valores decrescentes à medida que o teor de água foi retirado das sementes, ocasionado pela deterioração das sementes junto ao armazenamento. No trabalho de Nascimento, Cicero e Novembre (2010) e Nascimento, Novembre e Cicero (2007) com sementes de Açaí apresentando umidades de 39 a 15%, constatou-se índice de velocidade de emergência inferior ao deste trabalho para as sementes de todas as umidades ao zero dia. Em Silva et al. (2012b), *Cinnamomum zeylanicum* Ness, e Oliveira et al. (2011), *Genipa americana* L., os autores obtiveram a mesma queda no índice de velocidade de emergência de plântulas das sementes recalcitrantes à medida que o teor de água foi reduzido das mesmas.

As isoenzimas têm sido utilizadas como ferramentas para verificar o funcionamento bioquímico das sementes durante o armazenamento relacionado com a qualidade fisiológica. E algumas dessas enzimas estão envolvidas na redução de radicais livres produzidos com a deterioração e manutenção da degradação das membranas celulares pela secagem das sementes.

A MDH está envolvida na respiração celular atuando no ciclo do ácido cítrico dentro das mitocôndrias, onde as enzimas MDH irão liberar NADH e regenerar oxaloacetato usado para reiniciar o ciclo do ácido cítrico. Porém, quando a presença de oxigênio é limitada durante o armazenamento das sementes, a respiração anaeróbica é ativada para manter a glicólise, o ciclo do ácido cítrico e a fosforilação oxidativa funcionando. Para isso tem-se a enzima ADH que atua oxidando NADH, produzindo etanol e CO<sub>2</sub> a partir do piruvato.

Na intensidade de bandas das enzimas MDH a ADH (Figura 3A e 3B), quando comparado com a qualidade fisiológica foi verificada relação com o baixo percentual de germinação das sementes com 20% de umidade, e a queda de germinação das sementes com 35% e 30% de umidade pelo armazenamento. Onde, observou-se que quando a atividade da enzima MDH foi reduzida aos 120 dias, a atividade da enzima ADH aumentou nas sementes em todas as umidades nos dois ambientes de armazenamento, exceto para sementes com 20% de umidade em ambiente natural onde a enzima não estava ativa. Esse aumento observado nas outras umidades pode estar relacionado à tentativa de se manter a respiração funcionando, e a respiração anaeróbica poderia estar compensando a redução da respiração após 120 dias.

A SOD (Figura 3C) é responsável por catalisar radicais de superóxidos livres que são tóxicos para as sementes, os produtos dessa reação são peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e oxigênio (O<sub>2</sub>). Nas sementes de Açaí foi possível observar a eficiência desta enzima até 60 dias havendo redução da intensidade de bandas após esse período, Borges et al. (2015) também constataram redução da atividade enzimática (SOD) durante o armazenamento de sementes de *Melanoxylon Brauna* condicionadas em diferentes UR e em temperatura de 20 °C, sendo similar ao obtido neste trabalho.

Outra enzima responsável pela desintoxicação das sementes é a PO (Figura 4A) que decompõe o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) em água e oxigênio.

Foi observado aumento na intensidade de bandas dessa enzima ao final do armazenamento, podendo ser justificado pelo aumento da deterioração das sementes, que gerou maior quantidade de radicais livres. Em trabalho realizado por Carvalho et al. (2006) houve redução na intensidade de bandas da peroxidase ao submeter sementes de *Copaifera Langsdorffii* ao envelhecimento artificial por 96 horas. Martins, Nakagawa e Ramos (2011) também observaram redução da atividade da enzima PO no armazenamento por 36 semanas das sementes de *E. spiritosantensis*, o que não foi observado neste trabalho aos 180 dias.

A CAT enzima responsável pela degradação do peróxido de hidrogênio também é importante indicadora de perda de qualidade em sementes. Como foi observado na Figura 4B, onde a secagem das sementes aumentou a intensidade de bandas para as sementes com 20% de umidade ao longo do armazenamento. Cortes et al. (2010) trabalhando com sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e artificial constataram redução da atividade enzimática da catalase devido ao envelhecimento das sementes, como também foi observado por este trabalho para as sementes com umidade de 35 e 30%.

A deterioração das membranas está relacionada com a atividade da enzima EST (Figura 4C) que é responsável pela hidrólise de ésteres e peroxidação de lipídios, quando essa enzima perde sua eficiência ocorre a deterioração acelerada das sementes. E nas sementes de Açaí foi observada intensidade de bandas durante todo o armazenamento para as sementes com grau de umidade de 30% e 20%, ocasionado pela secagem das sementes em conjunto com envelhecimento das mesmas.

As sementes de Açaí são oleaginosas e o metabolismo de lipídios também pode ser utilizado como indicativo de qualidade fisiológica em sementes pela produção de energia. A enzima ICL (Figura 4D) avaliada atua no

controle da atividade dos glioxissomos, do clico glioxilato e no metabolismo de lipídios. Foi observado maior intensidade de bandas dessa enzima nas sementes de Açaí armazenadas em câmara fria, ao zero, 60 e 120 dias; tem-se com isso, que as sementes armazenadas em câmara fria tiveram maior gasto de energia usando as enzimas ICL para manter a viabilidade das sementes.

Diante do exposto, verificou-se que o método de caracterização morfológica de sementes e plântulas de Açaí foi eficiente para descrever a espécie. E na caracterização fisiológica e enzimática, pode-se observar que a secagem das sementes de Açaí influenciou na qualidade fisiológica, sendo a secagem até 20% não recomendada. O local de armazenamento e o tempo de armazenagem também afetaram a viabilidade das sementes sendo o ambiente natural e o armazenamento por até 60 dias os mais indicados para essa espécie nessas condições. A utilização de embalagem plástica não foi eficiente em manter a umidade das sementes, porém a variação observada foi baixa. Os padrões enzimáticos avaliados se mostraram estar correlacionados com a germinação, verificando-se o aumento ou redução da intensidade de bandas, de acordo com a redução da qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento.

A aplicação de fungicida nas sementes com 35% de umidade não foi suficiente para controlar a proliferação de fungos dentro das embalagens plásticas após 60 dias de armazenamento ocasionado pela elevada umidade.



## **5 CONCLUSÕES**

As sementes de Açaí com 35% e 30% de umidade têm melhor qualidade fisiológica.

O melhor ambiente de armazenamento é o natural.

Independente do armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes de Açaí não é mantida por 180 dias.

## **Agradecimentos**

Agradecemos o apoio da Embrapa Roraima pelo fornecimento das sementes utilizadas no estudo, à Universidade Federal de Lavras por disponibilizar a estrutura física para a realização do trabalho e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo financiamento.

## REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 627 p.
- BORGES, E. E. L. et al. Alterações fisiológicas e atividade enzimática em sementes armazenadas de *Melanoxylon brauna* schott. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 75-81, 2015.
- BOVI, M. L. A.; MARTINS, C. C.; SPIERING, S. H. Desidratação de sementes de quatro lotes de Pupunheira: efeitos sobre a germinação e o vigor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, p. 109-112, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395 p.
- BRASILEIRO, B. G. et al. Qualidade fisiológica de sementes de Nêspera armazenadas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira Fruticultura**, Brasília, DF, p. 686-691, 2011. Volume especial.
- CARVALHO, D. et al. Eletroforese de proteínas e isoenzimas em sementes de *Copaifera Langsdorffii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinioideae) envelhecidas artificialmente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, p. 25-35, 2006.
- CHARLO, H. C. O. et al. Inicial de plântulas de *Archontophoenix alexandrae* (f. mueller) h. wendl. e drude (Arecaceae) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, p. 933-940, 2006.
- CORTES, V. B. et al. Estudo enzimático da deterioração de sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 83-91, 2010.
- FARIAS NETO, J. T. F. et al. Parâmetros genéticos e ganhos com a seleção de progênies de *Euterpe oleracea* na fase juvenil. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 515-521, jul./set. 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnológica**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- GUEDES, R. S. et al. Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 68-75, 2012.

GUERRA, M. E. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALHÃO, M. I. Morfologia de sementes, de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinioideae). **Cerne**, Lavras, v. 12, p. 322-328, 2006.

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

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de Palmeiro-vermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p. 188-192, 2007.

MARTINS, C. C. et al. Teores de água crítico e letal para sementes de Açai (*Euterpe oleracea* Mart. - PALMEA). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 21, p. 125-132, 1999.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; RAMOS, P. R. R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirosantensis* Fernandes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 85-90, jan./fev. 2011.

MUXFELDT, R. E. et al. Utilização do teste de raios - X na avaliação dos efeitos da dessecação e infestação em diásporos de Canela-batalha - *Cryptocarya aschersoniana* Mez (Lauraceae). **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 657-666, 2012.

NASCIMENTO, W. M. O. **Açai *Euterpe oleracea* Mart. rede de sementes da Amazônia**. Manaus: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 49 p. Informativo técnico.

NASCIMENTO, W. M. O.; CICERO, S. M.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Conservação de sementes de Açai (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 24-33, 2010.

NASCIMENTO, W. M. O.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; CICERO, S. M. Consequências fisiológicas da dessecação em sementes de Açai (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, p. 38-43, 2007.

NERY, M. C. et al. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 477-483, 2014.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. **Açaí**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2005. 137 p. (Sistemas de Produção, 4).

OLIVEIRA, L. M. et al. Períodos e ambientes de secagem na qualidade de sementes de *Genipa americana* L. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 495-502, abr./jun. 2011.

QUEIROZ, M. S. M.; BIANCO, R. Morfologia e desenvolvimento germinativo de *Oenocarpus bacaba* mart. (Arecaceae) da Amazônia Ocidental. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, p. 1037-1042, 2009.

REGO, S. S. et al. Physiological behaviour of *Blepharocalyx salicifolius* and *Casearia decandra* seeds on the tolerance to dehydration. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 323-330, 2013.

RIBEIRO, M. S. et al. Armazenamento de sementes de palmitero sob atmosfera modificada. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 989-994, 2010.

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

SANTOS, R. S.; CREÃO-DUARTE, A. J.; LUNZ, A. M. P. Infestação de *Aetalion reticulatum* (Linnaeus) (Hemiptera: *Auchenorrhyncha: Aethalionidae*) em plantas de *Euterpe oleracea* Martius (Arecaceae) no estado do Acre. **EntomoBrasilis**, Vassouras, v. 8, n. 1, p. 69-73, jan./abr. 2015.

SILVA, K. B. et al. Caracterização morfológica de frutos, sementes e fases da germinação de *Pachira aquatica* Aubl. (Bombacaceae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 891-898, 2012a.

SILVA, K. B. et al. Tolerância à dessecação de sementes de *Cinnamomum zeylanicum* Ness. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 587-594, 2012b.

SILVA, L. L. et al. Escarificação de sementes para desenvolvimento em plântulas de Açaizeiro. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 9, p. 72-78, 2015.

SILVA, V. L. et al. Morfologia e avaliação do crescimento inicial de plântulas de *Bactris gasipaes* kunth. (Arecaceae) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, p. 477-480, 2006.



**ARTIGO 3 - SEMENTES DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea* MART.)  
ARMAZENADAS COM DIFERENTES TEORES DE ÁGUA E  
TAMANHOS**

Juliana Maria Espíndola Lima<sup>1</sup>

Oscar José Smiderle<sup>2</sup>

João Almir Oliveira<sup>3</sup>

**FORMATADO DE ACORDO COM A NBR 6022 (ABNT, 2003),**

**ADAPTADO A NORMA DA UFLA.**

---

<sup>1</sup> Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras - MG.

<sup>2</sup> Embrapa Roraima, BR-174, Km 8 - Distrito Industrial, CEP 69301-970, Boa Vista - RR.

<sup>3</sup> Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras - MG.

\*Autor correspondente: espindolaj5@hotmail.com

## RESUMO

A maior produção de frutos de Açaí está nas áreas de várzeas do Estado do Pará. Com o aumento do consumo, novas áreas de produção têm sido implantadas para suprir o mercado consumidor, sendo essas mudas formadas a partir de sementes. Diante disso, objetivou-se avaliar a qualidade de sementes de Açaí, com três teores de água, classificadas em dois tamanhos e armazenadas por 180 dias. As sementes foram divididas em três teores de água (35, 30 e 20%) e dois tamanhos, com armazenamento de zero, 60, 120 e 180 dias em ambiente natural. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em arranjo fatorial de 3 x 2 x 4 (teor de água x tamanho x épocas de avaliação), com quatro repetições. A qualidade das sementes foi determinada pelo: grau de umidade, radiografia, germinação, tetrazólio, emergência de plântulas, velocidade de emergência de plântulas e isoenzimas (álcool desidrogenase, malato desidrogenase, peroxidase, superóxido dismutase, catalase, esterase e isocitrato liase). As sementes grandes de Açaí e com 35 e 30% de teor de água possuem melhor qualidade fisiológica. A secagem das sementes de Açaí até 20% de teor de água reduz drasticamente a qualidade fisiológica das sementes para os dois tamanhos. O armazenamento em ambiente natural por 180 dias não mantém a qualidade fisiológica das sementes grandes e pequenas de Açaí.

**Palavras-chave:** secagem; deterioração; recalcitrância.

**AÇAÍ SEEDS (*EUTERPE OLERACEA* MART.) STORED WITH  
DIFFERENT LEVELS OF MOISTURE AND SIZES**

**ABSTRACT**

The highest production of açai fruits occurs in the meadow areas of the state of Pará, Brazil. With the increase in consumption, new production areas have been implemented to supply the consumer market, with seedlings cultivated from seeds. With this, we aimed at evaluating the quality of açai seeds with three levels of moisture, classified into two sizes, and stored for 180 days. The seeds were divided into three levels of moisture (35, 30 and 20%), and two sizes, with storage of zero, 60, 120 and 180 days in natural environment. The experimental design was completely randomized, in a 3 x 2 x 4 factorial arrangement (moisture x size x time of evaluation), with four replicates. Seed quality was determined by the moisture degree, radiography, germination, tetrazolium, plantlet emergence, plantlet emergence speed and isoenzymes (alcohol dehydrogenase, malate dehydrogenase, peroxidase, superoxide dismutase, catalase, esterase and isocitrate liase). The large açai seeds and those with 35 and 30% of moisture have better physiological quality. The drying of açai seeds up to 20% of moisture drastically decreases the physiological quality of the seeds for both sizes. The storage in natural environment for 180 days does not maintain the physiological quality of large or small açai seeds.

**Keywords:** Drying. Deterioration. Recalcitrance.

## 1 INTRODUÇÃO

O Açaizeiro (*E. oleracea* Mart.) é uma palmácea nativa da Amazônia brasileira. No estado do Pará estão as maiores e mais densas populações nativas dessa espécie, manejadas por comunidades ribeirinhas nas áreas de várzeas do estuário amazônico, sendo por isso o principal centro de comércio de frutos e palmito. Populações espontâneas também podem ser encontradas no Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Tocantins, e em alguns países da América do Sul e Central (NOGUEIRA; FIGUEIRÊDO; MÜLLER, 2005).

Nos últimos anos houve a popularização do Açaí, sendo observadas mudanças significativas na expansão da comercialização para outras regiões do país, e internacionalmente para países como os Estados Unidos. Tem-se a introdução dos produtos provenientes da polpa e palmito, em redes de supermercados, lojas de fast food e academias (NOGUEIRA; SANTANA; GARCIA, 2013; SCHRECKINGER et al., 2010; VIEIRA et al., 2007), aumentando assim significativamente o extrativismo desta espécie na região do estado do Pará.

Para aumentar a oferta, novas áreas estão sendo implantadas e o principal meio de propagação do Açaí é por sementes de matrizes sadias e vigorosas, que apresentem precocidade e boa produtividade de polpa (MARTINS et al., 1999). Segundo Martins et al. (2004) e Martins, Nakagawa e Bovi (2009) por se tratar de uma espécie com sementes recalcitrantes é recomendado utilizar sementes recém-colhidas e hidratadas para evitar a perda de qualidade fisiológica.

Sabe-se que as sementes recalcitrantes não passam pela fase de secagem natural quando ainda estão ligadas à planta-mãe, sendo então, dispersas com elevados teores de água. A máxima qualidade fisiológica pode ser afetada dependendo do ambiente em que as sementes são expostas, por isso, é necessário o monitoramento no armazenamento e no controle do teor de água, para que as

sementes não apresentem deterioração acelerada inviabilizando o seu uso no período entre safra (GARCIA et al., 2014; ROBERTS, 1973).

Desde o processo de fertilização do óvulo até a maturidade fisiológica das sementes, ocorre uma série de alterações fisiológicas, morfológicas e funcionais que podem produzir sementes com tamanhos variados, e essa diferença no tamanho pode representar variação na qualidade fisiológica das mesmas, influenciada por fatores internos e externos, como o fornecimento de nutrientes, que garantirão a obtenção de plântulas vigorosas (PICCININ et al., 2012; SANTOS; ALMEIDA; ALMEIDA, 2012).

Diante do exposto, verifica-se a necessidade de estudos direcionados para determinar o teor de água ideal para o armazenamento de sementes de Açaí, com o intuito de reduzir a velocidade de deterioração, e o estudo do tamanho das sementes que também pode afetar a qualidade fisiológica. Objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade de sementes de Açaí com diferentes teores de água e tamanhos, armazenadas por 180 dias.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG, no período de fevereiro de 2014 a agosto de 2014. As sementes de Açaí da espécie *E. oleracea* de origem nativa foram colhidas no Município de Anorí - AM (latitude 3°46'24" Sul e longitude 61°38'40" Oeste). Os frutos foram coletados em janeiro de 2014 e beneficiados no setor de sementes da Embrapa Roraima, em Boa Vista - RR.

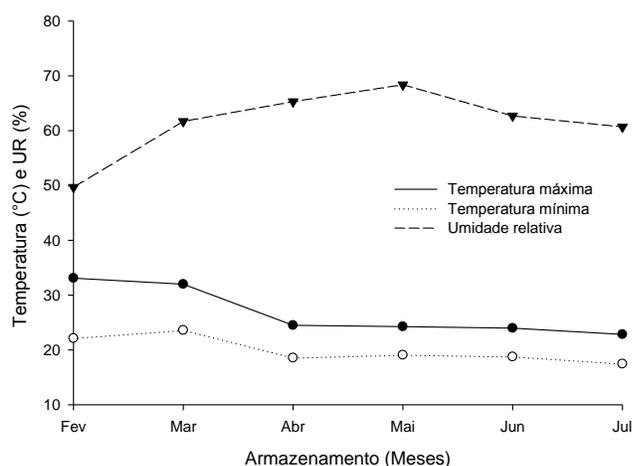
O beneficiamento dos frutos foi realizado com o despulpamento mecânico e lavagem completa das sementes. Em seguida foram colocadas para secar em casa de vegetação em temperatura ambiente à umidade estipulada de 30%, com o intuito de reduzir o aumento da respiração das mesmas durante o transporte em caixas de isopor para o Laboratório Central de Sementes da UFLA, onde foram realizados os testes de qualidade física, fisiológica e isoenzimáticas.

As sementes foram classificadas por peneira, onde sementes de tamanho grande ficaram retidas em peneira de furos oblongos medindo 9 x 15 mm e sementes pequenas passaram pelos furos da peneira de furos oblongos de 8,5 x 15 mm. Em média, a biometria das sementes grandes foi de 9,95 mm de comprimento por 10,62 mm de largura e das sementes pequenas 8,53 mm de comprimento por 9,08 mm de largura.

Os dois lotes de sementes foram divididos em três sublotes cada, onde se elevou a umidade para 35% do **sublote 1**, submergindo as sementes em água destilada até que atingissem a umidade desejada, manteve-se a umidade de 30% do **sublote 2** e secou-se para 20% o **sublote 3**, colocando-se as sementes em estufa de secagem com circulação de ar a 25°C até atingirem a umidade estipulada. As sementes foram tratadas com fungicida Vitavax Thiran na proporção de 250 mL/100 kg de sementes.

Para o armazenamento as sementes de Açaí foram embaladas em sacos plásticos transparentes semipermeáveis (20 cm largura x 30 cm de comprimento x 0,13 mm de espessura), dividindo-se em quatro épocas de avaliação (zero, 60, 120 e 180 dias) e selando-se os sacos em máquina de embalagens modelo BS320 para evitar perda de umidade. As sementes foram armazenadas em sala com temperatura ambiente, onde foi realizado o monitoramento de temperatura e umidade relativa durante o período de armazenagem (Gráfico 1). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso com fatorial de 3 x 2 x 4 (três teores de água x dois tamanhos de sementes x e quatro épocas de avaliação do armazenamento), com quatro repetições.

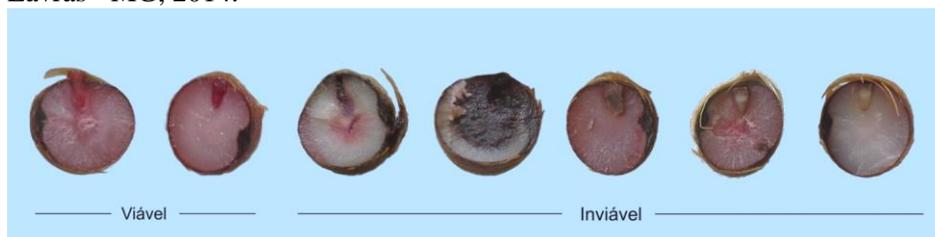
**Gráfico 1.** Médias de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (UR,%) da sala onde foram armazenadas as sementes de Açaí com diferentes tamanhos e umidades no Laboratório Central de Sementes da UFLA, Lavras - MG, 2014.



A avaliação da qualidade física, fisiológica e bioquímica das sementes foi determinada pelo: **Grau de umidade:** foi utilizado o método de estufa a 105°C  $\pm$ 3°C por 24 horas, com quatro repetições. As sementes foram cortadas

em tamanhos menores que 7,0 mm, sendo o peso de cada repetição referente a cinco sementes inteiras (BRASIL, 2009). **Raio-X:** com o auxílio do aparelho Faxitron X - Ray com ajuste automático de intensidade de radiação (Kvp) e tempo de exposição (segundos). Realizou-se a avaliação física das sementes utilizando-se quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, dispostas em folha de isopor com 50 cavidades. Avaliaram-se as radiografias com a contagem de sementes cheias e sem danos. Foram feitas também radiografias das sementes em processo de germinação para observação do consumo de endosperma pelo embrião, utilizou-se o programa Corel Draw PHOTO PAINT X7 para combinação das radiografias em uma única imagem e contraste para melhor visualização do endosperma. **Germinação:** utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento, semeadas em papel germitest umedecido com água destilada 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009), mantidas em germinador a 30°C por 90 dias, realizando-se contagem de plântulas normais a cada sete dias. **Tetrazólio:** em quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento foi realizado um pequeno corte na lateral da semente, para facilitar o processo de embebição em água destilada por 24 horas, sendo mantidas em BOD a 25°C. Após esse período as sementes foram cortadas transversalmente na linha da rafe expondo o embrião, em seguida, utilizou-se uma metade de cada semente que foram colocadas em solução de tetrazólio a 1% e mantidas em BOD a 30°C por 24 horas no escuro. A avaliação foi realizada pela classificação de sementes viáveis e inviáveis quanto à coloração do embrião e endosperma (Figura 1), sendo viáveis sementes com coloração de vermelho claro a intenso e inviáveis sementes vermelho escuro a preto, ou branco. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis.

**Figura 1.** Classificação de sementes de Açaí em viáveis (vermelho claro a intenso) e inviáveis (vermelho escuro a preto, ou branco) pelo teste de tetrazólio, Lavras - MG, 2014.



**Emergência de plântulas:** realizou-se a montagem do teste com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, em bandejas de plástico contendo substrato de 1:2 de areia e terra. As bandejas foram mantidas em sala de germinação com temperatura de 30°C até 90 dias, quando se realizou a contagem de plântulas normais emergidas. **Velocidade de emergência de plântulas:** realizada em conjunto com a emergência de plântulas, contando-se diariamente o número de plântulas emergidas. O índice foi calculado pelo somatório do número de plântulas emergidas em cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a sementeira e a emergência (MAGUIRE, 1962). **Isoenzimas:** para cada época de avaliação e seus respectivos tratamentos, armazenou-se a quantidade de 10 sementes em deep freezer (-81°C). Ao final do experimento cada amostra de sementes foi macerada em moinho (IKA® A11 basic) contendo Polyvinylpyrrolidone (PVP) e nitrogênio líquido, em seguida, armazenou-se em deep freezer (-81°C) até o início dos testes de isoenzimas. Em microtubos foram pesados 100 mg de cada amostra, adicionado-se tampão de extração (Tris HCl 0,2M pH 8,0) na quantidade de 3,0 vezes o peso de cada amostra e 0,1% de β-mercaptoetanol, para a isoenzima isocitrato liase foi acrescentado 0,1% de fenilhidrazina. As amostras foram mantidas em refrigerador “overnight” e centrifugadas a 14.000 rpm no dia seguinte por 30 minutos a 4°C. Foram aplicados 40 μL do sobrenadante em gel de

poliacrilamida, sendo em seguida realizada a corrida eletroforética por quatro horas a 150 V. Os géis foram revelados para as isoenzimas álcool desidrogenase (ADH), malato desidrogenase (MDH), peroxidase (PO), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), esterase (EST) e isocitrato liase (ICL), segundo Alfenas (2006).

Os resultados médios obtidos da avaliação das quatro épocas foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey, com nível de significância a 5%. Para a análise de regressão considerou-se o  $R_2$  (coeficiente de determinação) e a significância pelo teste t a 1% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados médios para o grau de umidade (Gráfico 2) das sementes de Açaí foram diferentes significativamente quanto ao período de armazenamento e tamanho. Nas sementes grandes com 35% de teor de água, verificou-se perda de umidade nos períodos de 60 (34,29%) e 180 (34,95%) dias; já nas sementes pequenas houve redução apenas aos 120 (34,68%) dias. Portanto, observou-se que sementes pequenas com 35% de teor de água apresentaram menor perda de água em relação às grandes.

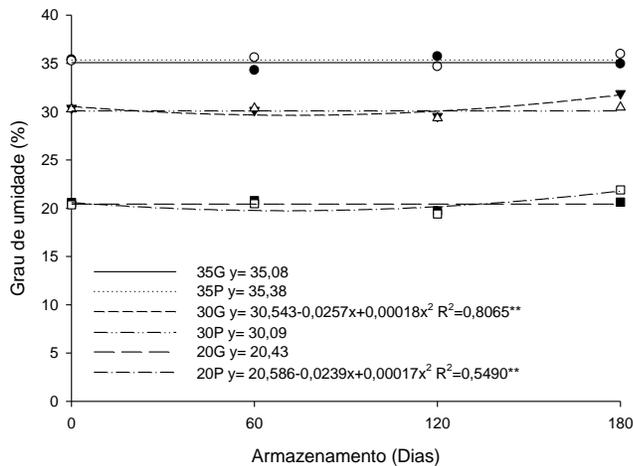
As sementes grandes com 30% de teor de água inicial tiveram aumento aos 180 dias para 31,89%, já para sementes pequenas houve redução aos 120 dias (29,53%). Nas sementes grandes e pequenas com 20% de teor de água verificou-se perda aos 120 dias (19,73 e 19,40%). Comparando-se os tamanhos, observou-se diferença significativa apenas aos 180 dias, em que sementes grandes com 30% de teor de água e sementes pequenas com 20% tiveram elevação do teor de água.

Apesar de ter sido observado variação no teor de água das sementes ocasionada pelo controle osmótico entre semente e ambiente, não foi verificada relação na redução de qualidade fisiológica das sementes devido à flutuação de perda e ganho de água durante o armazenamento, ocasionada pelas oscilações de temperatura e UR do ambiente natural (Gráfico 1) de armazenamento monitorados neste trabalho.

Kohama et al. (2006) também observaram variações no teor de água de sementes de *Eugenia brasiliensis* durante o armazenamento em câmara fria com embalagens de polietileno por 270 dias. Resultados obtidos por Nascimento, Cicero e Novembre (2010) com sementes de *E. oleracea* acondicionadas em embalagens de polietileno e armazenadas em ambiente natural apresentaram maior variação do grau de umidade (7%), em relação às sementes utilizadas neste trabalho que tiveram a maior variação de 2,49% para sementes pequenas

com 20% de teor de água. Verificou-se que o uso dessa embalagem plástica não mantém a umidade inicial das sementes, porém para as sementes de Açaí essa variação não foi elevada, por isso, pode-se ter esse tipo de embalagem como alternativa de uso para ambientes com pouca variação de temperatura e UR.

**Gráfico 2.** Resultados médios do grau de umidade (%) de sementes de Açaí armazenadas com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35 (● - G, ○ - P), 30 (▼ - G, △ - P) e 20 (■ - G, □ - P) representam o teor de água e as letras G e P sementes grandes e pequenas. \*\*Significativo a 1% pelo teste t.

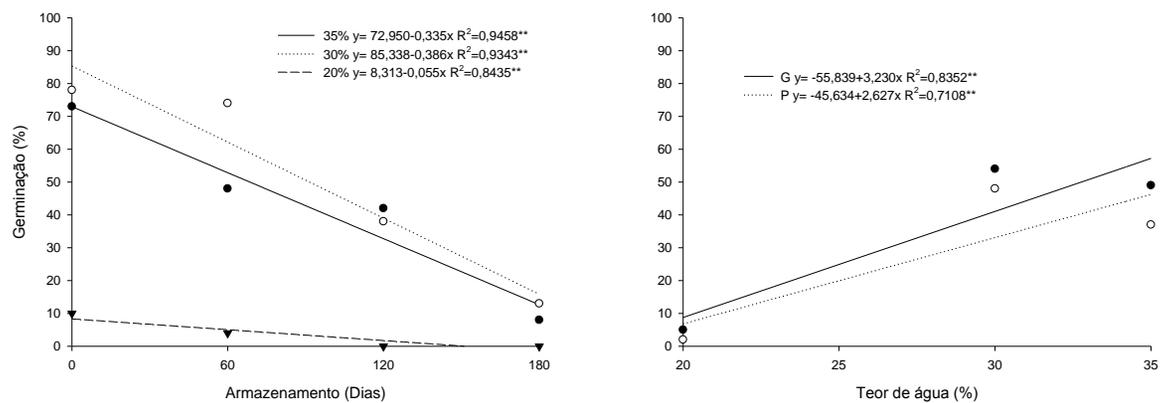


Na avaliação da germinação houve interação entre teor de água x armazenamento e tamanho x teor de água. Para a primeira interação (Gráfico 3A) observou-se redução da germinação durante o armazenamento para todos os teores de água, sendo as sementes com 20% de teor de água as que tiveram maior queda no percentual de sementes viáveis. Quando comparados os teores de água de 35% (73%) e 30% (78%) observou-se que os mesmos não foram diferentes significativamente ao zero dia, porém as sementes com 30% de teor de água não houve perda significativa de qualidade fisiológica (74%) aos 60 dias

de armazenamento, o mesmo não foi observado nas sementes com 35% de teor de água (48%). Diante disso, pode-se afirmar que sementes com 30% de teor de água mantêm a qualidade fisiológica por até 60 dias, com baixa redução do percentual de germinação. Em trabalho de Nery et al. (2014), verificou-se também decréscimo da germinação com a redução do teor de água das sementes recalcitrantes de *Protium heptaphyllum* e *Guarea kunthiana*.

Pelos resultados da interação tamanho x teor de água (Gráfico 3B) notou-se que as sementes grandes possuem melhor qualidade fisiológica em relação às pequenas para os teores de água de 35% e 30%, não se verificando diferença significativa entre tamanhos para as sementes com 20% de teor de água. Podendo isto ser justificado pela secagem aplicada às sementes, que provocou elevada perda de qualidade fisiológica para ambos os tamanhos. Diante dos resultados observados, constatou-se que sementes grandes por apresentarem maior quantidade de endosperma tendem a ter maior germinação. Sendo que o mesmo foi observado por Biruel, Paula e Aguiar (2010), que constataram diferença no percentual de germinação de sementes de *Caesalpinia leiostachya* com diferentes tamanhos, em que sementes maiores atingiram maior percentual de germinação.

**Gráfico 3.** Resultados médios de germinação de sementes de Açaí armazenadas com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35% (●), 30% (○) e 20% (▼) representam do teor de água (A) e as letras G (●) e P (○) sementes grandes e pequenas (B). \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



Nos resultados obtidos pelo tetrazólio entre teor de água x armazenamento (Gráfico 4A), verificou-se que a viabilidade das sementes estava maior em zero dias e decresceu ao longo do armazenamento para todos os teores de água. As sementes com 35% (83%) e 30% (79%) de teor de água não diferiram significativamente na viabilidade ao zero dia, porém aos 60 dias, não se constatou perda significativa de viabilidade para as sementes com 30% de teor de água que obtiveram 75% de sementes viáveis, sendo que o mesmo não foi observado para sementes com 35% de teor de água, que obtiveram 53% de sementes viáveis. Essa queda na viabilidade e também na germinação das sementes com 35% de teor de água pode ter sido causada pela elevação do teor de água das sementes, afetando a armazenabilidade das mesmas.

Para as sementes com 20% de teor de água verificou-se redução drástica da viabilidade do início ao final do armazenamento, justificada pela secagem aplicada às sementes que causou severos danos nas membranas celulares, afetando sua capacidade germinativa. Em resultados obtidos por Coelho et al. (2015), verificou-se redução da viabilidade de sementes recalcitrantes de Café, pela secagem e armazenamento até quatro meses.

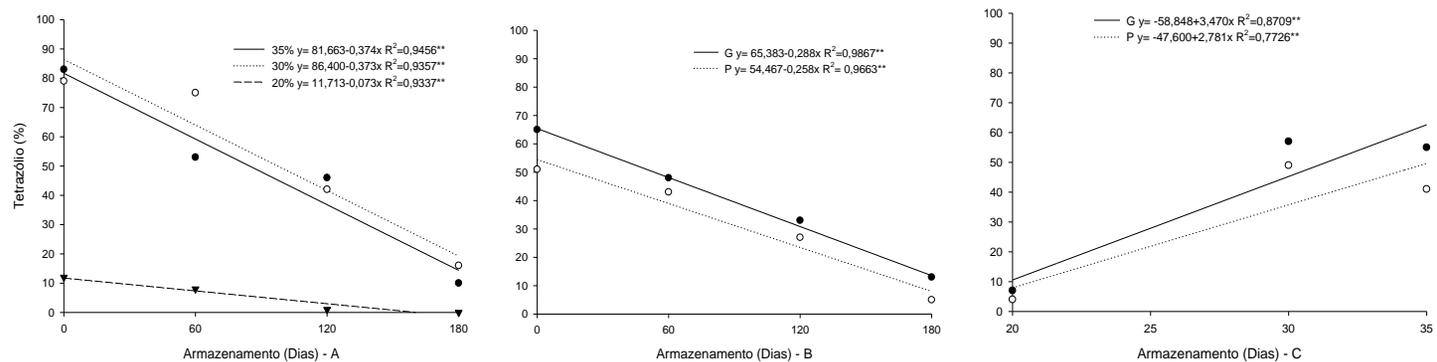
O gráfico 4B da interação tamanho x armazenamento mostra que as sementes grandes tiveram maior viabilidade quando comparadas às sementes pequenas. Ao longo do armazenamento verificou-se que sementes pequenas são mais propícias à perda de viabilidade que as sementes grandes, podendo isto ser justificado por sementes grandes serem mais vigorosas e apresentarem maior tecido de reservar, conseqüentemente maior capacidade de resistência aos efeitos da deterioração causados pelo armazenamento.

Nos resultados da interação tamanho x grau de umidade (Gráfico 4C) é possível verificar diferenças significativas da viabilidade das sementes dos dois tamanhos relacionados com o teor de água durando todo o armazenamento, sendo que sementes grandes com 35 e 30% de teor de água tiveram maior

viabilidade que as sementes pequenas. Já para as sementes pequenas, mais uma vez constatou-se o efeito da secagem na viabilidade das sementes, não havendo diferença significativa entre os dois tamanhos.

Além dos resultados obtidos com o teste do tetrazólio, verificou-se a eficiência da metodologia desenvolvida para verificar a viabilidade das sementes de Açaí e diferenciar tratamentos. Como também foi determinado por Ribeiro et al. (2010) que obtiveram sucesso na determinação da viabilidade de sementes de Macaúba utilizando solução de 0,5% de tetrazólio, mantendo as sementes em BOD a 35 °C por quatro horas.

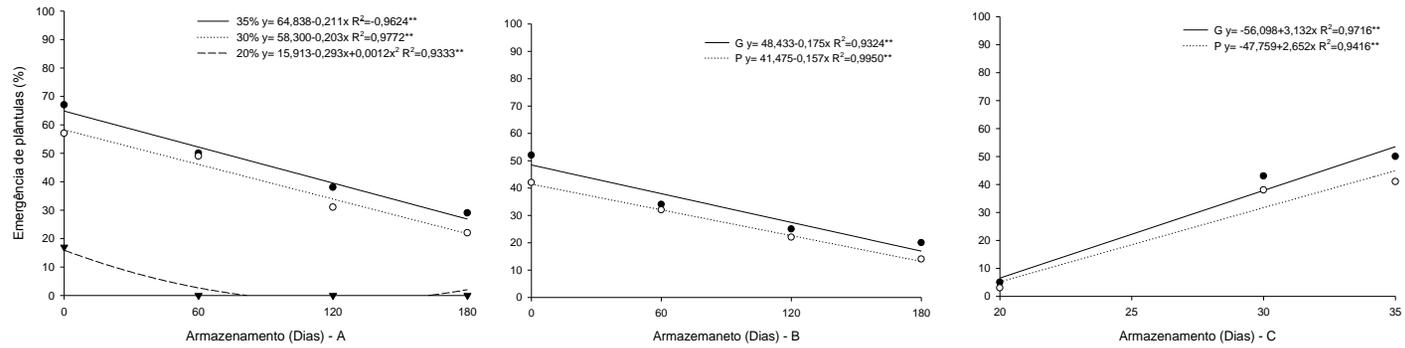
**Gráfico 4.** Resultados médios de viabilidade pelo teste de tetrazólio em sementes de Açaí armazenadas com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35% (●), 30% (○) e 20% (▼) representam do teor de água (A) e as letras G (●) e P (○) sementes grandes e pequenas (B) e (C). \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



Os resultados da emergência de plântulas (Gráfico 5A) tiveram as mesmas interações obtidas no tetrazólio. Verificou-se a redução do vigor ao longo do armazenamento para as sementes dos três teores de água estudados. As sementes com 35% de teor de água tiveram resultado superior de emergência durante todo o armazenamento, exceto aos 60 dias quando não diferiu significativamente das sementes com 30% de teor de água.

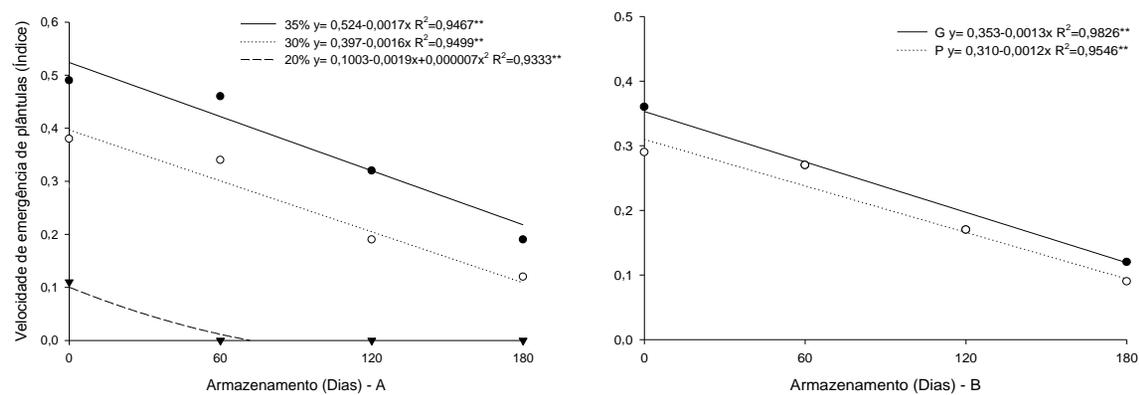
Os resultados observados no gráfico 5B mostram diferenças significativas na emergência de plântulas aos zero e 180 dias, quando sementes grandes tiveram maior percentual de plântulas emergidas em relação às sementes pequenas. E quanto à interação teor de água x tamanho de sementes (Gráfico 5C), verificou-se novamente sementes grandes com 35% e 30% de teor de água apresentando vigor superior ao das sementes pequenas. Já nas sementes com 20% de teor de água não foi constatado diferença significativa entre tamanhos, devido ao teor de água estar muito baixo, o que afetou drasticamente o vigor das sementes. Como também pode ser observado por Oliveira et al. (2011), que verificaram decréscimo no percentual de emergência de plântula de Jenipapo com secagem das sementes recalcitrantes por até 168 horas. Dados obtidos por Silva et al. (2012) com sementes de *Cinnamomum zeylanicum*, apresentaram redução da emergência e plântulas à medida que o período de secagem foi aumentado (96 horas).

**Gráfico 5.** Resultados médios de emergência de plântulas de sementes de Açaí armazenadas com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35% (●), 30% (○) e 20% (▼) representam do teor de água (A) e as letras G (●) e P (○) sementes grandes e pequenas (B) e (C). \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



Pelos resultados dos índices obtidos na velocidade de emergência de plântulas houve interações para os fatores teor de água x armazenamento e tamanho x armazenamento. No gráfico 6A observa-se redução do índice de velocidade de emergência à medida que o teor de água das sementes foi reduzido, e também à medida que o tempo de armazenamento foi aumentado. No gráfico 6B é possível observar a redução da velocidade de emergência de plântulas das sementes nos dois tamanhos ao longo do tempo, causada pela perda de vigor das sementes. Porém só foi verificado diferença significativa entre os tamanhos na primeira época do armazenamento, onde sementes grandes tiveram índice de 0,36 e sementes pequenas 0,29. Nascimento, Cicero e Novembre (2010) e Nascimento, Novembre e Cicero (2007) também verificaram que os índices de velocidade de emergência de plântulas foram inferiores a 0,023, utilizando sementes de *E. oleracea* com diferentes teores de água próximos aos deste trabalho, e método de secagem realizado com máquina de secagem.

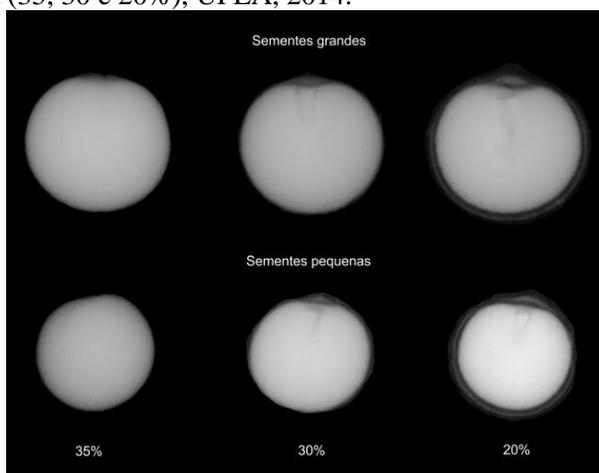
**Gráfico 6.** Resultados médios de velocidade de emergência de plântulas de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35% (●), 30% (○) e 20% (▼) representam do teor de água (A) e as letras G (●) e P (○) sementes grandes e pequenas (B). \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



Na avaliação das radiografias das sementes de Açaí foi possível observar (Figura 2) a redução do tamanho do endosperma com a retirada do teor de água das sementes. Mediante a retirada de água houve a visualização do embrião a partir do teor de água de 30%. O mesmo foi observado por Muxfeldt et al. (2012) que constataram a redução do endosperma em sementes de *Cryptocarya aschersoniana* com diferentes teores de água pelo teste de radiografia. Também Gomes et al. (2014) obtiveram sucesso na visualização da morfologia interna e qualidade física de sementes de *Terminalia argêntea*, com diferentes teores de água, através de radiografias.

Em algumas sementes de Açaí foi verificada ausência de embrião, isto também promoveu a redução do percentual de sementes viáveis. O uso da radiografia poderia ser um método eficiente para seleção de sementes com embrião, mas para isso é necessária a secagem das sementes em 30% de teor de água para possível visualização do embrião, e de acordo com o teste de germinação avaliado, sementes com 30% de teor de água não diferem em qualidade fisiológica inicial das sementes com 35%.

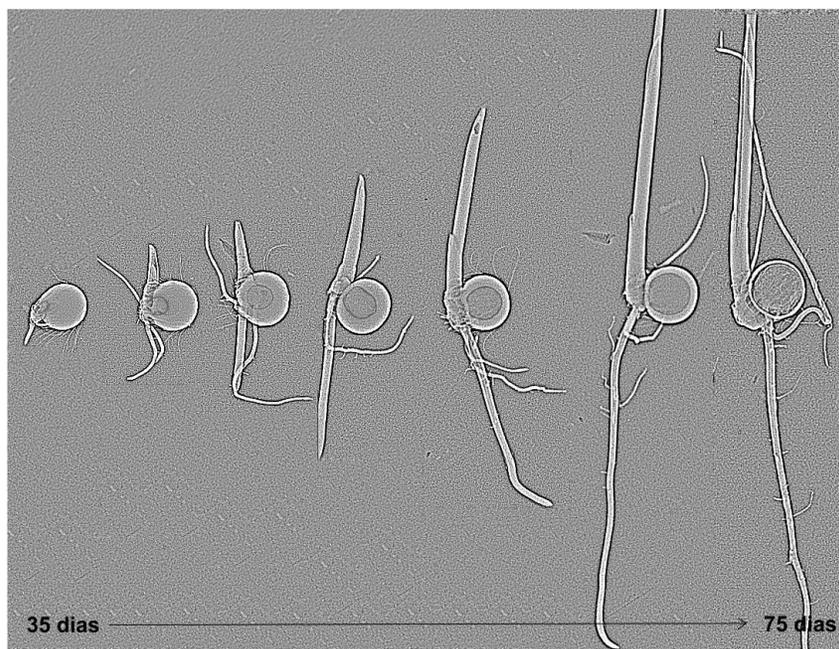
**Figura 2.** Radiografia de sementes grandes e pequenas de Açaí com diferentes teores de água (35, 30 e 20%), UFLA, 2014.



Pelos resultados das radiografias do processo de germinação (Figura 3) foi possível verificar o endosperma sendo consumido pelo embrião durante o processo de germinação até a formação completa da plântula. Notou-se também que o endosperma é todo consumido ao final da germinação, e esse consumo pode influenciar no vigor das sementes, em que sementes grandes com maior quantidade de endosperma produzem plântulas vigorosas. Isto foi observado na avaliação da emergência de plântulas, onde as sementes grandes apresentaram plântulas mais vigorosas.

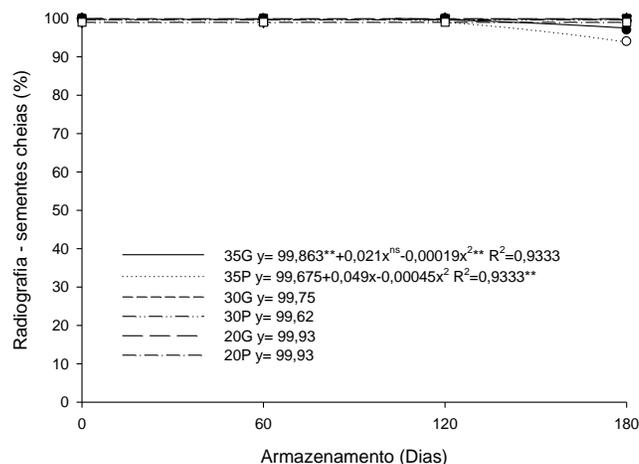
As radiografias do processo de germinação foram eficientes em determinar a importância do tamanho das sementes, na obtenção de lotes de sementes com melhor vigor. Em algumas espécies, não se observa essa diferença de vigor relacionado ao tamanho, podendo ser justificado pelo embrião não necessitar de todo o consumo do conteúdo de reserva da semente para a formação de uma plântula vigorosa, por isso, não se observa diferença de vigor entre tamanhos de sementes. Como foi observado por Oliveira et al. (2009) que não constataram diferenças de vigor na emergência de plântulas de sementes de *Copernicia Hospita* com três diferentes tamanhos.

**Figura 3.** Radiografia com contraste pelo uso do programa Corel Draw X7 da germinação de sementes de Açaí, UFLA, 2014.



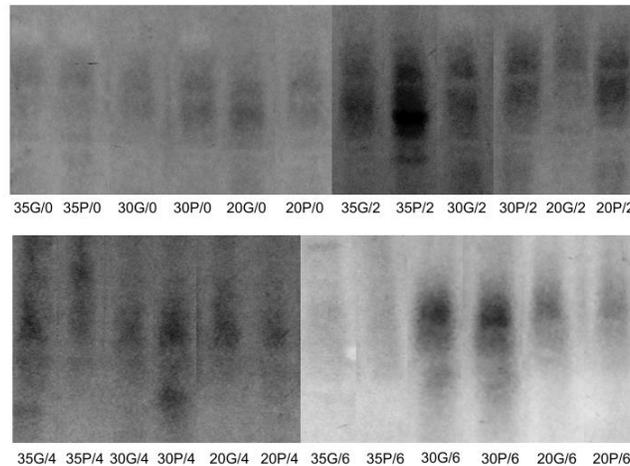
No percentual de sementes cheias avaliado pela radiografia (Gráfico 7) foi possível observar diferenças significativas apenas aos 180 dias para os dois tamanhos de sementes com 35% de teor de água, as sementes grandes tiveram 97% de sementes cheias e 94% para sementes pequenas. A qualidade física das sementes foi afetada pela presença de fungos e bactérias, ocasionada pelo elevado teor de água das sementes. O fungicida só conteve a proliferação dos fungos até 60 dias de armazenamento para sementes com 35% de teor de água.

**Gráfico 7.** Resultados médios das radiografias de sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35 (● - G, ○ - P), 30 (▼ - G, ▲ - P) e 20 (■ - G, □ - P) representam o teor de água e as letras G e P sementes grandes e pequenas. \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



Nas avaliações isoenzimáticas realizadas nas sementes de Açaí, a malato desidrogenase (MDH), uma enzima que participa da respiração celular dentro das mitocôndrias, teve maior atividade aos 60 dias de armazenamento (Figura 4). Não foi observado relação da intensidade de bandas com os tamanhos das sementes nos diferentes teores de água, sendo a expressão variada. Quando comparada a atividade enzimática aos testes de germinação e vigor observou-se que, aos 60 dias, a respiração foi elevada para manter a atividade metabólica das sementes permitindo que continuassem viáveis. Porém essa eficiência foi perdida gradativamente aos 120 e 180 dias quando a qualidade fisiológica das sementes apresentou redução drástica, ocasionada pela deterioração das sementes associada aos efeitos do armazenamento e secagem das sementes.

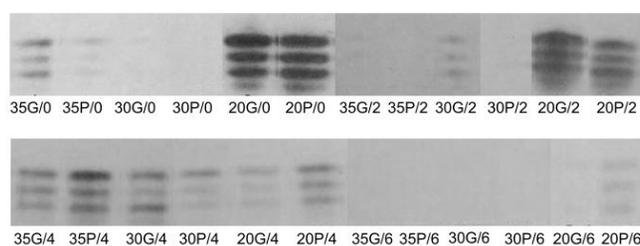
**Figura 4.** Atividade enzimática da malato desidrogenase em sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35, 30, 20 referem aos teores de água; os números 0, 2, 4 e 6 são referentes às épocas de avaliação; e as letras G e P são os tamanhos das sementes grandes e pequenas.



Quando a respiração aeróbica é comprometida pela falta de oxigênio, a enzima álcool desidrogenase (ADH) é ativada com a respiração anaeróbia, ajudando a manter o ciclo do ácido cítrico e outras rotas funcionando, essa enzima consome o piruvato produzindo NADH, etanol e  $\text{CO}_2$ . E nas sementes de Açaí dos dois tamanhos, com 20% de teor de água, observou-se maior intensidade de bandas da enzima ADH (Figura 5) aos zero e 60 dias de armazenamento, podendo ser justificada pelos danos causados pela secagem. Já aos 120 dias essa atividade enzimática estava presente nas sementes de todos os teores de água e ausente aos 180 dias. Com isto, pôde-se verificar que comparada a MDH (Figura 4), a expressão da ADH estava presente quando a malato desidrogenase teve sua eficiência reduzida aos 120 dias, podendo ser justificada pela redução de nível de oxigênio dentro das embalagens, causada

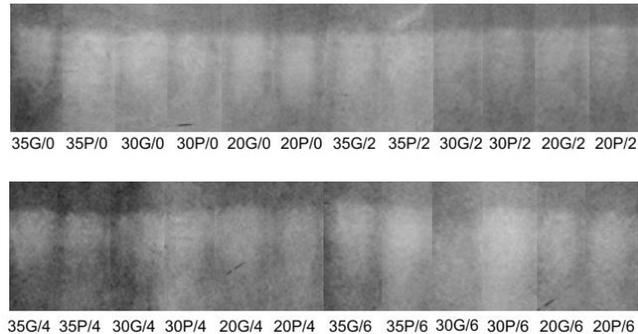
pela elevação da respiração das sementes, o que acelerou o processo de deterioração como pôde ser observado na germinação das sementes.

**Figura 5.** Atividade enzimática da álcool desidrogenase em sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35, 30, 20 referem aos teores de água; os números 0, 2, 4 e 6 são referentes às épocas de avaliação; e as letras G e P são os tamanhos das sementes grandes e pequenas.



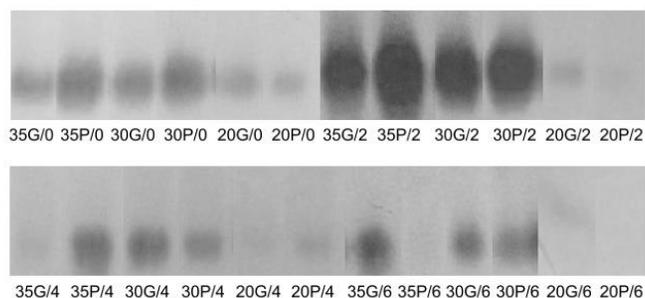
Outro fator considerado foi o efeito do armazenamento que provoca o aumento dos radicais livres chamados superóxidos, que são responsáveis pelo envelhecimento das sementes. A enzima superóxido dismutase (SOD) atua catalisando esses radicais a peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e oxigênio ( $O_2$ ) que são menos tóxicos às sementes. A atividade da SOD (Figura 6) estava presente durante todo o armazenamento para todos os teores da água e tamanho de sementes, observando-se menor atividade aos 120 e aos 180 dias, quando as sementes estavam com elevado nível de deterioração. A atividade enzimática da SOD encontrada por Borges et al. (2015) em sementes de *Melanoxylon brauna*, armazenadas em ambiente com umidade relativa do ar de 55, 75 e 93% à temperatura de 20 °C, foi reduzida ao longo do armazenamento como também foi observado neste trabalho.

**Figura 6.** Atividade enzimática da superóxido dismutase em sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35, 30, 20 referem aos teores de água; os números 0, 2, 4 e 6 são referentes às épocas de avaliação; e as letras G e P são os tamanhos das sementes grandes e pequenas.



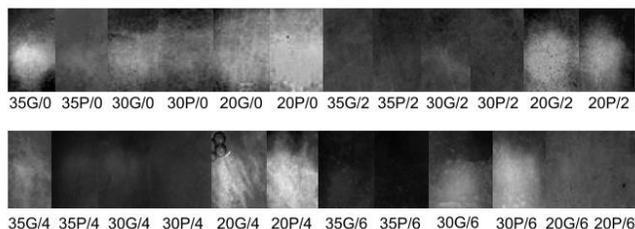
O produto gerado pela SOD ( $H_2O_2$ ) é capturado pelas enzimas peroxidase (PO) (Figura 7) e catalase (CAT) (Figura 8), por serem responsáveis pela degradação do peróxido de hidrogênio desintoxicando as sementes. E na PO avaliada nas sementes de Açaí, verificaram-se bandas mais intensas no armazenamento aos 60 dias, para os teores de água de 35% e 30% nos dois tamanhos. A atividade dessa enzima nas sementes com 20% de teor de água foi quase nula em todas as épocas, podendo ter acontecido desnaturação das mesmas no processo de secagem, interferindo na qualidade fisiológica das sementes como pode ser observado pelos resultados da germinação (Gráfico 3). E também foi observado por Martins, Nakagawa e Ramos (2011), que obtiveram redução da atividade enzimática da PO em sementes de *Euterpe espirosantensis*, com diferentes teores de água e armazenamento por 36 semanas.

**Figura 7.** Atividade enzimática da peroxidase em sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35, 30, 20 referem aos teores de água; os números 0, 2, 4 e 6 são referentes às épocas de avaliação; e as letras G e P são os tamanhos das sementes grandes e pequenas.



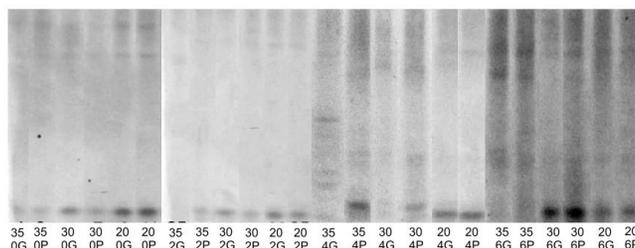
A enzima catalase (CAT) por ser uma peroxidase, na figura 8 é possível observar atividade mais intensa nos tratamentos, onde a enzima peroxidase não teve intensidade de bandas (Figura 7), podendo isto ter acontecido como um meio de compensação pela ausência de atividade da PO. Houve intensidade de bandas ao zero dia para as sementes de todos os teores de água e tamanhos, observando-se maior intensidade de banda para as sementes dos dois tamanhos com 20% de teor de água aos zero, 60 e 120 dias. Em trabalho de Cortes et al. (2010), com sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e artificial, foi constatada a redução da atividade enzimática da catalase devido ao envelhecimento das sementes, como também foi observado neste trabalho.

**Figura 8.** Atividade enzimática da catalase em sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35, 30, 20 referem aos teores de água; os números 0, 2, 4 e 6 são referentes às épocas de avaliação; e as letras G e P são os tamanhos das sementes grandes e pequenas.



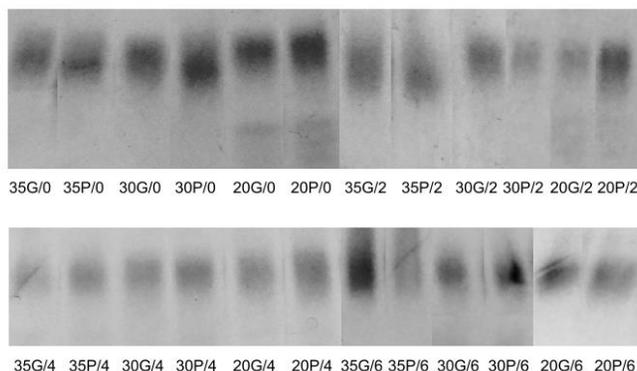
Outra enzima responsável por evitar a deterioração das membranas celulares é a esterase (EST), essa enzima realiza a hidrólise de ésteres e peroxidação de lipídios. E nas sementes de Açaí no período de zero e 60 dias do armazenamento observou-se aumento crescente na atividade da enzima (Figura 9), à medida que o teor de água das sementes foi retirado para os dois tamanho de sementes. Já em 120 dias verificou-se maior intensidade de banda nas sementes pequenas nos teores de água de 35% e 30%, e em ambos os tamanhos das sementes com 20% de teor de água. Enquanto que aos 180 dias foi observada intensidade de banda para sementes com 30% e 20% de teor de água para ambos os tamanhos. A intensidade de bandas observada comparada com a germinação mostrou nitidamente a perda de qualidade fisiológica, pela secagem e o tempo de armazenamento, o que proporcionou a redução no percentual de sementes viáveis.

**Figura 9.** Atividade da enzimática da esterase em sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35, 30, 20 referem aos teores de água; os números 0, 2, 4 e 6 são referentes às épocas de avaliação; e as letras G e P são os tamanhos das sementes grandes e pequenas.



A enzima isocitrato liase (ICL) está relacionada com o metabolismo de lipídios, atividade dos glioxissomos e clico glioxilato. As sementes de Açaí por serem oleaginosas tiveram atividade dessa enzima (Figura 10) em todas as épocas de avaliação, para todos os teores de água e tamanho estudados. Observando-se maior intensidade de bandas ao zero dia, com destaque para sementes grandes e pequenas com 20% de teor de água que necessitaram de maior energia em consequência da secagem. Para as demais épocas houve intensidade de bandas pouco menor, podendo ser justificada pela deterioração das sementes.

**Figura 10.** Atividade enzimática da isocitrato liase em sementes de Açaí armazenadas por 180 dias com diferentes tamanhos e teores de água, UFLA, 2014. Os números 35, 30, 20 referem aos teores de água; os números 0, 2, 4 e 6 são referentes às épocas de avaliação; e as letras G e P são os tamanhos das sementes grandes e pequenas.



Com a análise da qualidade física, fisiológica e atividade isoenzimática das sementes de Açaí pôde-se verificar que sementes grandes apresentaram qualidade fisiológica superior gerando plântulas mais vigorosas, por conterem maior tecido de reserva. Isto foi constatado pelas radiografias do processo de germinação observado e pelo teste de emergência de plântulas, o que justifica a diferença de vigor das sementes nos diferentes tamanhos.

Foi constatado que o armazenamento das sementes em ambiente natural por 180 dias e acondicionamento em embalagens plásticas não mantêm a qualidade fisiológica das sementes recalcitrantes de Açaí. Recomendando-se no máximo de 60 dias nessas condições. O tratamento com fungicida não foi eficiente no controle de fungos para as sementes dos dois tamanhos com 35% de teor de água após 60 dias de armazenamento, devido à alta umidade das sementes dentro das embalagens, o que proporcionou a proliferação de fungos e bactérias causando danos à estrutura física das sementes pelo processo de deterioração.

A elevação do teor de água das sementes de Açaí para 35% de teor de água e posterior armazenamento não é recomendado, pois acelera o processo de deterioração das sementes para os dois tamanhos de sementes.

Logo, para armazenamento mais eficiente a secagem das sementes para 30% de teor de água é indicada, e secagem abaixo desse valor pode causar danos às estruturas das membranas celulares, como foi observado no perfil enzimático da enzima esterase (Figura 9), para as sementes com 20% de teor de água para os dois tamanhos de sementes.



#### **4 CONCLUSÕES**

As sementes grandes de Açaí com 35% e 30% de teor de água têm melhor qualidade fisiológica e vigor.

A secagem das sementes de Açaí para 20% de teor de água reduz drasticamente a qualidade fisiológica das sementes para os dois tamanhos.

O armazenamento em ambiente natural por 180 dias não mantém a qualidade fisiológica das sementes grandes e pequenas de Açaí.



## REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A. C. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 627 p.
- BIRUEL, R. P.; PAULA, R. C.; AGUIAR, I. B. Germinação de sementes de *Caesalpinia leiostachya* (Benth.) Ducke (Pau-ferro) classificadas pelo tamanho e pela forma. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 2, p. 197-204, 2010.
- BORGES, E. E. L. et al. Alterações fisiológicas e atividade enzimática em sementes armazenadas de *Melanoxylon brauna* schott. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 75-81, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 395 p.
- COELHO, S. V. B. et al. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de café secas em sílica gel e soluções salinas saturadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 6, p. 483-491, jun. 2015.
- CORTES, V. B. et al. Estudo enzimático da deterioração de sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, p. 83-91, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- GARCIA, C. et al. Conservação da viabilidade e vigor de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze durante o armazenamento. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 857-867, 2014.
- GOMES, K. B. P. et al. Avaliação da morfologia interna de sementes de *Terminalia argentea* (Combretaceae) pelo teste de Raios - X. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 4, p. 752-759, 2014.
- KOHAMA, S. et al. Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. (Grumixameira). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 72-78, 2006.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARTINS, C. C. et al. Temporary storage of Jussara palm seeds: effects of time, temperature and pulp on germination and vigor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, n. 2, p. 71-276, 2004.

MARTINS, C. C. et al. Teores de água crítico e letal para sementes de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart. - Palmae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, n. 1, p. 125-132, 1999.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Açaí. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 231-235, 2009.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; RAMOS, P. R. R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirosantensis* Fernandes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 85-90, 2011.

MUXFELDT, R. E. et al. Utilização do teste de raios - X na avaliação dos efeitos da dessecação e infestação em diásporos de Canela-batalha - *Cryptocarya aschersoniana* Mez (Lauraceae). **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 657-666, 2012.

NASCIMENTO, W. M. O.; CICERO, S. M.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Conservação de sementes de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 24-33, 2010.

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

NERY, M. C. et al. Classificação fisiológica de sementes florestais quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 477-483, 2014.

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C.; GARCIA, W. S. A dinâmica do mercado de Açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009. **Ceres**, Viçosa, MG, v. 60, n. 3, p. 324-331, 2013.

NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. **Açaí**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2005. 137 p. (Sistemas de Produção, 4).

OLIVEIRA, A. B. et al. Emergência de plântulas de *Copernicia Hospita* Martius em função do tamanho da semente, do substrato e ambiente. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 281-287, 2009.

OLIVEIRA, L. M. et al. Períodos e ambientes de secagem na qualidade de sementes de *Genipa americana* L. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 495-502, 2011.

PICCININ, G. G. et al. Relação entre o tamanho e a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 15, p. 20-28, 2012.

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

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

SANTOS, R. R.; ALMEIDA, A. A. S.; ALMEIDA, J. C. R. Atividade da redutase do nitrato em mudas de açaizeiro adubadas com nitrogênio e potássio. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 18, p. 13-17, 2012. Número especial.

SCHRECKINGER, M. E. et al. Berries from South America: a comprehensive review on chemistry, health potential, and commercialization. **Journal of Medicinal Food**, New Rochelle, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2010.

SILVA, K. B. et al. Tolerância à dessecação de sementes de *Cinnamomum zeylanicum* Ness. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 587-594, 2012.

VIEIRA, T. A. et al. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização florística, implantação e manejo. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 37, n. 4, p. 549-558, 2007.



**ARTIGO 4 - QUALIDADE DE SEMENTES DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*  
MART.) TRATADAS COM FUNGICIDA E ARMAZENADAS COM  
DIFERENTES TEORES DE ÁGUA**

Juliana Maria Espíndola Lima<sup>1\*</sup>,

Oscar José Smiderle<sup>2</sup>,

João Almir Oliveira<sup>3</sup>

**FORMATADO DE ACORDO COM A NBR 6022 (ABNT, 2003),**

**ADAPTADO A NORMA DA UFLA.**

---

<sup>1</sup> Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras - MG.

<sup>2</sup> Embrapa Roraima, BR-174, Km 8 - Distrito Industrial, CEP 69301-970, Boa Vista - RR.

<sup>3</sup> Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitário, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras - MG.

\*Autor correspondente: espindolaj5@hotmail.com

## RESUMO

Com a expansão da produção do Açaí, os cuidados com o manejo das sementes que serão utilizadas para replantio ou aumento de área de plantio têm sido importantes. Por isso, objetivou-se avaliar a qualidade de sementes de Açaí armazenadas com e sem tratamento fungicida por 180 dias. As sementes de Açaí foram divididas em três teores de água (35, 30 e 20%) e tratamento com e sem fungicida na proporção de 250 ml/100 Kg de sementes, acondicionadas em sacos plásticos, com quatro épocas de avaliação do armazenamento (zero, 60, 120 e 180 dias) em ambiente natural. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso com arranjo fatorial de 3 x 2 x 4 (teor de água x fungicida x épocas de avaliação), com quatro repetições. Os testes realizados foram: grau de umidade, germinação, tetrazólio, emergência de plântulas, velocidade de emergência de plântulas, raios-x e isoenzimas (álcool desidrogenase, malato desidrogenase, peroxidase, superóxido dismutase, catalase, esterase e isocitrato liase). As sementes de Açaí com 35% e 30% de teor de água tratadas com fungicida têm melhor qualidade fisiológica. O tratamento fungicida é eficiente em todo o período do armazenamento para as sementes de Açaí com 30% e 20% de teor de água, e para as sementes com 35% de teor de água somente até 60 dias. O armazenamento por 180 dias não mantém a qualidade fisiológica das sementes de Açaí com e sem tratamento fungicida.

**Palavras-chave:** Semente recalcitrante. Secagem. Qualidade fisiológica.

**QUALITY OF AÇAÍ SEEDS (*EUTERPE OLERACEA* MART.) TREATED WITH FUNGICIDE AND STORED WITH DIFFERENT LEVELS OF MOISTURE**

**ABSTRACT**

With the expansion of the production of açaí, the care in the management of seeds that will be used for replanting or increasing the plantation area is important. Thus, we aimed at evaluating the quality of açaí seeds stored with and without treatment with fungicide, for 180 days. The seeds were divided into three levels of moisture (35, 30 and 20%) and with and without fungicide treatment in the proportion of 250 mL/100kg of seeds, packaged in plastic bags, with four storage evaluation periods (zero, 60, 120 and 180 days), in natural environment. The experimental design was completely randomized, with a 3 x 2 x 4 factorial arrangement (moisture x fungicide x period of evaluation), with four replicates. The tests conducted were moisture degree, germination, tetrazolium, plantlet emergence, plantlet emergence speed, x-rays and isoenzymes (alcohol dehydrogenase, malate dehydrogenase, peroxidase, superoxide dismutase, catalase, esterase and isocitrate liase). The seeds with 35 and 30% of moisture treated with fungicide have better physiological quality. The treatment with fungicide is efficient in the entire period of storage for seeds with 30 and 20% moisture, and for seeds with 35% of moisture, for only 60 days. Storage for 180 days does not maintain the physiological quality of the seeds, with and without treatment with fungicide.

**Keywords:** Recalcitrant seed. Drying. Physiological quality.



## 1 INTRODUÇÃO

A palmeira *Euterpe oleracea* Mart. conhecida popularmente como Açaí tem se destacado pela ampliação do mercado de polpa e palmito, que inicialmente era restrito à região norte do Brasil. Com esse aumento na demanda pelos produtos derivados do Açaí, tem-se aumentado o cultivo em áreas de terra firme para suprir o mercado nas épocas de entressafra, para isso, são utilizadas sementes melhoradas geneticamente como é o caso da cultivar BRS Pará, desenvolvida pela Embrapa Amazônia Oriental (MARTINS; NAKAGAWA; RAMOS, 2009; NASCIMENTO; CICERO; NOVEMBRE, 2010; NASCIMENTO; MORAES, 2011).

Com a expansão da produção do Açaí, os cuidados com o manejo das sementes que serão utilizadas para replantio ou aumento de área de plantio são importantes, pois esse é o meio mais utilizado de propagação da espécie, que apresenta sementes com intolerância à dessecação a baixos teores de água e baixas temperaturas de armazenamento, sendo denominadas recalcitrantes. Diante desse problema no armazenamento, é importante o estudo dos fatores que poderão desacelerar o processo de deterioração das sementes, como temperatura, teor de água, embalagem e umidade relativa do ar (BRASIL, 2009; MARTINS-CORDER; SALDANHA, 2006).

Segundo Hong e Ellis (1996) e Nascimento, Novembre e Cicero (2007), para se obter sucesso na conservação de sementes, faz-se necessário um estudo prévio do comportamento fisiológico das sementes durante a secagem e o armazenamento, pois nem todas as sementes são tolerantes à dessecação, exigindo-se assim, condições especiais de secagem a níveis toleráveis e melhores tecnologias de armazenamento.

No armazenamento, o teor de água apresentado pelas sementes após a colheita é uma das principais causas de redução na porcentagem de germinação das sementes, pois dependendo de quanto seja o grau de umidade, a taxa

respiratória pode ser elevada favorecendo a proliferação de microrganismos como fungos e bactérias (DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997).

No intuito de minimizar esse problema causado pelo alto teor de água tem-se utilizado armazenamento em baixas temperaturas, porém dependendo da temperatura essa condição pode afetar a viabilidade das sementes, como ocorre no caso das sementes recalcitrantes de regiões tropicais. Nesse contexto, uma estratégia que pode ser adotada é o uso de fungicidas, tais como carbendazin, carboxin, captan, thiabendazole e thiram no tratamento das sementes (BONOME et al., 2009; KRUGNER; AUER, 2005).

Diante do exposto, observam-se os entraves encontrados no armazenamento de sementes recalcitrantes que necessitam de beneficiamento e armazenamento adequados, podendo o uso de fungicidas ser utilizado para reduzir os problemas causados por fungos, já que essas sementes precisam ser armazenadas com teores de água elevados. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade de sementes de Açaí armazenadas com e sem tratamento fungicida por 180 dias.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de Açaí (*E. oleracea*) foram coletados no Município de Anorí - AM (latitude 3°46'24" Sul e longitude 61°38'40" Oeste) em janeiro de 2014. Os frutos foram enviados para o setor de sementes da Embrapa Roraima, Boa Vista – RR, onde foram feitos a despolpa e secagem das sementes. A avaliação de qualidade física e fisiológica foi realizada no laboratório central de sementes da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG.

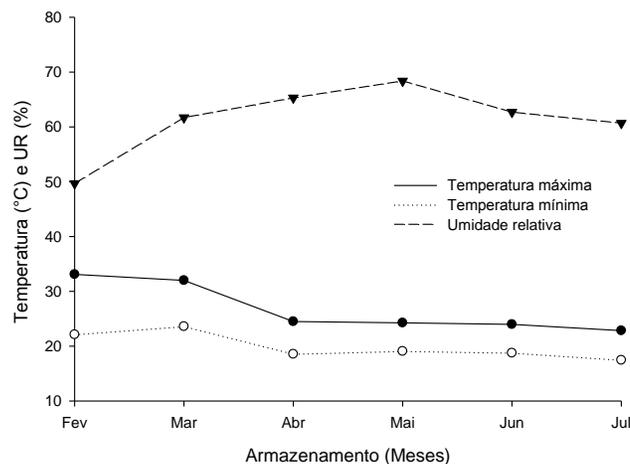
O despolpamento foi realizado mecanicamente seguido de lavagem das sementes até que as mesmas estivessem limpas e em seguida, foram colocadas para secar em casa de vegetação à temperatura ambiente até que as sementes atingissem o grau de umidade de 30%. Escolheu-se esse grau de umidade para que as sementes recalcitrantes não chegassem ao destino com elevada taxa de respiração devido à alta umidade, causando assim perda de qualidade e proliferação de microrganismos. As sementes foram selecionadas com tamanhos médios de 9,45 mm de comprimento e 10,62 mm de largura, sendo em seguida, acondicionadas em caixas de isopor devidamente lacradas para evitar perda de umidade.

No laboratório de sementes da UFLA dividiram-se as sementes em três lotes, sendo o **lote 1** reumedecido para 35% submergindo as sementes em água destilada até atingirem a umidade desejada, o **lote 2** permaneceu com a umidade de 30% e o **lote 3** foi secado para 20% de umidade em estufa de secagem com circulação de ar e temperatura de 25 °C até a umidade desejada. Após os procedimentos de umedecimento e secagem, as sementes foram divididas em sublotes em que um foi tratado com fungicida Vitavax Thiran na proporção de 250 ml/100 Kg de sementes e o outro sublote foi caracterizado como controle sem tratamento.

Os sublotes foram divididos em quatro épocas de avaliação de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias), colocando-os em sacos plásticos

transparentes semipermeáveis (20 cm largura x 30 cm comprimento x 0,13 mm espessura) e selados em máquina de embalagens. As sementes foram armazenadas em sala com temperatura e umidade relativa ambiente, monitoradas durante todo o período do armazenamento (Gráfico 1). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso com arranjo fatorial 3 x 2 x 4 (três teores de água x com e sem fungicida x quatro épocas de avaliação), com quatro repetições.

**Gráfico 1.** Controle de temperatura máxima e mínima (°C) e umidade relativa do ar (UR, %) durante o armazenamento por 180 dias em ambiente natural de sementes de Açaí, UFLA, Lavras - MG, 2014.



Foram realizados testes para determinação da qualidade física, fisiológica e isoenzimáticas das sementes de Açaí, com os diferentes teores de água tratadas e não tratadas com fungicida, sendo eles: **Grau de umidade:** para cada tratamento utilizaram-se quatro repetições de sementes cortadas em tamanhos menores que 7,0 mm, sendo cada repetição representada pelo peso de cinco sementes inteiras. As amostras foram colocadas em estufa a  $105 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

por 24 horas segundo as regras de análise de sementes (BRASIL, 2009).

**Germinação:** quatro repetições de cada tratamento contendo 50 sementes foram colocadas em substrato de papel germitest com água destilada 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009). Os rolos de papel foram mantidos em germinador a 30 °C por até 90 dias, com contagens de plântulas normais a cada 7 dias. **Tetrazólio:** utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes fazendo-se um pequeno corte na lateral das sementes para melhor absorção de água das mesmas. As sementes foram colocadas para embeber em água destilada e mantidas por 24 horas em BOD a 25 °C. Após a embebição realizou-se um corte transversal na linha da rafe das sementes, foi colocada apenas uma metade de cada semente para embeber em solução de tetrazólio a 1% por 24 horas em BOD à temperatura constante de 30 °C. A determinação de sementes viáveis e inviáveis foi feita pela coloração, onde, sementes viáveis apresentaram coloração de vermelho claro a vermelho intenso e sementes inviáveis de vermelho escuro a preto e branco. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes viáveis. **Emergência de plântulas:** quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento foram semeadas a três centímetros de profundidade em bandejas de plástico (45 cm comprimento x 20 cm largura x 10 cm espessura) contendo a combinação de 1:2 de areia e terra. As bandejas foram mantidas em sala de germinação a 30 °C e a contagem de plântulas normais emergidas foi realizada diariamente até 90 dias. **Velocidade de emergência de plântulas:** foi realizada em conjunto com a emergência de plântulas, contando-se diariamente o número de plântulas emergidas. O índice foi calculado pelo somatório do número de plântulas emergidas diariamente, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência (MAGUIRE, 1962). **Raios-X:** utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes que foram dispostas em folha de isopor contendo cavidades, em seguida foram colocadas no aparelho Faxitron X - Ray com ajuste automático de intensidade de radiação (Kvp) e tempo de

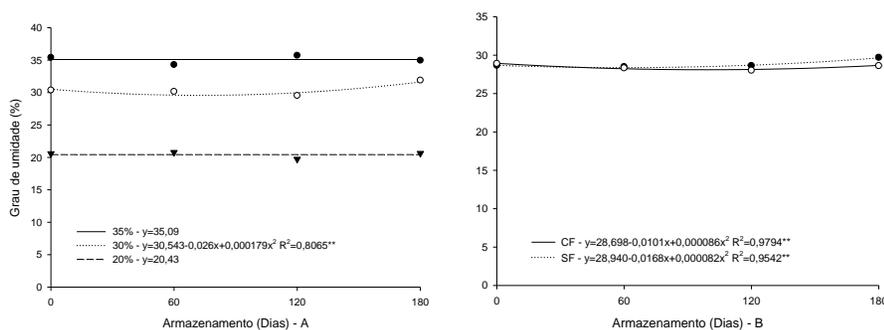
exposição (segundos). As radiografias foram avaliadas quanto ao número de sementes cheias sem danos. **Isoenzimas:** em cada época de avaliação armazenaram-se 10 sementes de cada tratamento em deep freezer a  $-81\text{ }^{\circ}\text{C}$  para os testes de isoenzimas. Ao final do armazenamento cada amostra foi macerada em moinho contendo Polyvinylpyrrolidone e nitrogênio líquido. O produto gerado foi armazenado em deep freezer ( $-81\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) novamente até o início dos testes. Para extração das enzimas, foram colocadas em microtubos amostras de 100 mg de cada tratamento, em seguida adicionou-se o tampão de extração (Tris HCl 0,2M pH 8) na proporção de 3,0 vezes o peso da cada amostra (peso adaptado para a espécie) e 0,1% de  $\beta$ -mercaptoetanol, para a enzima iso-citrato liase acrescentou-se 0,1% fenilhidrazina ao tampão de extração. O material foi homogeneizado com auxílio de vortex e mantido em refrigerador “overnight”, após esse período os microtubos foram centrifugados a 14.000 rpm por 30 minutos a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Retirou-se 40  $\mu\text{L}$  do sobrenadante aplicando-o em gel de poliacrilamida, sendo em seguida, realizada a corrida eletroforética, por quatro horas, a 150 V. Os géis foram revelados para enzimas álcool desidrogenase, malato desidrogenase, peroxidase e superóxido dismutase, catalase, esterase e isocitrato liase, segundo Alfenas (2006).

Após a obtenção dos resultados realizou-se comparação de médias e a análise de variância, com nível de significância a 5%, pelo teste de Tukey, e na análise de regressão considerou-se o coeficiente de determinação e a significância pelo teste t a 1% e 5% de probabilidade, com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação do grau de umidade das sementes de Açaí com e sem fungicida verificaram-se interações significativas entre os fatores teor de água x armazenamento (Gráfico 2A) e fungicida x armazenamento (Gráfico 2B). No Gráfico 2A observou-se que não houve uma tendência de perda e ganho de água das sementes dos três teores de água estudados durante todo o armazenamento, a variação observada foi diferente para todos os tratamentos, porém abaixo de 2%, com destaque apenas para as sementes com 30% de teor de água que atingiram o maior ganho de água de 1,52% ao final do armazenamento. Verificou-se também maior ganho de água ao final do armazenamento para sementes tratadas sem fungicida (Gráfico 2B), porém não se constatou relação direta da variação de teor de água das sementes e o tratamento fungicida com a temperatura e umidade relativa da sala onde foram armazenadas (Gráfico 1).

**Gráfico 2.** Médias do grau de umidade de sementes de Açaí com diferentes teores de água (35% - ●, 30% - ○ e 20% - ▼) (A), com (CF - ○) e sem (SF - ●) fungicida (B) e armazenamento por 0, 60, 120 e 180 dias, UFLA, 2014. .\*\*Significativo a 1% pelo teste t.

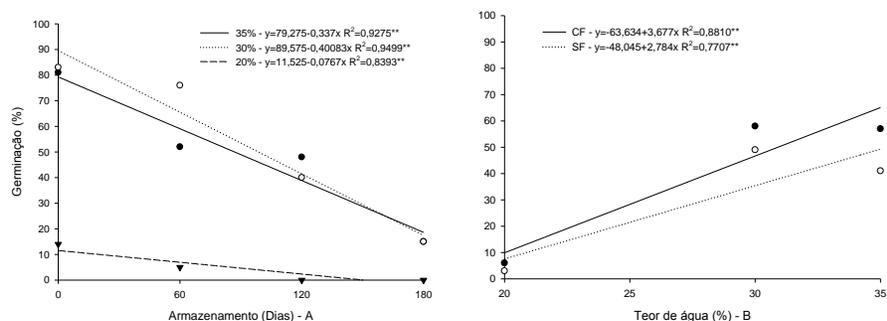


Afonso Júnior et al. (2006) trabalhando com sementes de café secas com diferentes temperaturas, acondicionamento em saco de papel e armazenamento em ambiente não controlado por 180 dias, tiveram variação no teor de água das

sementes em torno de 1%. Dados obtidos por Brasileiro et al. (2011), com armazenamento a 8 °C de sementes de Nêspera (59% de umidade) acondicionadas em sacos plásticos e papel por 180 dias, constataram redução gradativa do teor de água das sementes em sacos de papel e pequena variação em sacos plásticos. Nascimento e Moraes (2011) tiveram variação no teor de água durante o armazenamento a 20 °C por 360 dias de sementes de *E. oleracea* (BRS Pará) com diferentes umidades acondicionadas em sacos plásticos, essa variação foi maior do que a observada neste trabalho para os teores de água similares. Como pode ser observado também por esses autores o uso de embalagens semipermeáveis permite a troca de umidade entre semente e o ambiente, e dependendo da espécie e das condições de temperatura e UR essa troca pode ser maior ou menor, como para as sementes de Açaí o ganho e perda de água foi baixo, o uso da embalagem nessas condições pode ser recomendado.

Com a avaliação da germinação das sementes de Açaí verificou-se interação dos fatores teor de água x armazenamento (Gráfico 3A). As sementes com 35% e 30% de teor de água foram superiores na germinação ao zero dia com valores acima de 80%, e aos 60 dias as sementes com 30% de teor de água tiveram redução inferior de germinação quando comparadas com os outros teores de água, sendo essa redução de 29%, 7% e 9%, respectivamente para os teores de água de 35%, 30% e 20%, observa-se com isto que a elevação do teor de água das sementes para 35% não é recomendado para armazenamento. Aos 120 e 180 dias, a germinação caiu para abaixo de 50% nas sementes com 35% e 30% de teor de água, e 0% de nas sementes com 20%.

**Gráfico 3.** Médias da germinação de sementes de Açaí com diferentes teores de água (35% - ●, 30% - ○ e 20% - ▼) (A), com (CF - ●) e sem (SF - ○) fungicida (B) e armazenamento por 0, 60, 120 e 180 dias, UFLA, 2014. .\*\*Significativo a 1% pelo teste t.



A segunda interação observada foi teor de água x fungicida (Gráfico 3B), onde sementes tratadas com fungicida nos teores de água de 35% e 30% obtiveram germinação superior em relação às mesmas sem fungicida, no entanto, não foi verificada diferença significativa para as sementes com umidade de 20% com e sem fungicida, podendo ser justificado pela redução drástica de qualidade das sementes causada pela secagem.

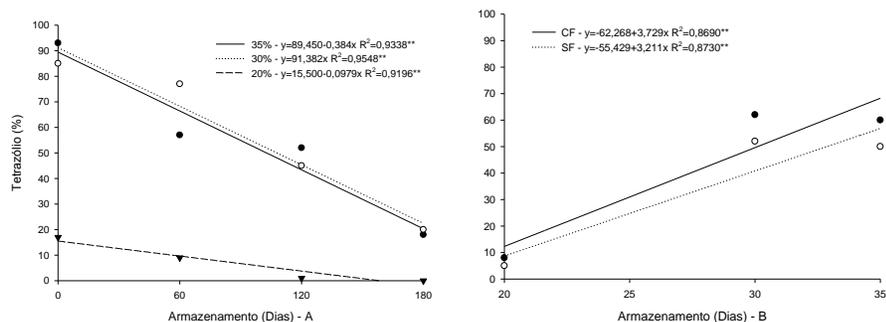
Diante disso, foi possível verificar a eficiência do fungicida no controle da proliferação de fungos durante o armazenamento até 60 dias para as sementes com 35% de teor de água e 180 dias para os outros dois teores de água. A ineficiência do fungicida nas sementes com 35% de teor de água após 60 dias pode ser justificada pelo elevado teor de água das sementes dentro dos sacos plásticos, favorecendo o aumento da taxa de respiração e aceleração do processo de deterioração.

Outro fator observado que afetou a qualidade das sementes em todos os teores de água estudados foi a proliferação de bactérias na germinação. Nos sacos plásticos observou-se incidência de bactérias apenas nas sementes com 35% de teor de água após 60 dias de armazenamento. Brasileiro et al. (2011)

apresentaram germinação acima de 80% em sementes recalcitrantes de Nêspira armazenadas a 8 °C por 180 dias, e acondicionadas em sacos plásticos com tratamento fungicida Captan. Oliveira et al. (2011) trabalhando com sementes de Grumixameira, Pitangueira e Uvaieira armazenadas por 180 dias à temperatura de 8 °C em sacos plásticos constataram melhor resultado de germinação para sementes tratadas com fungicida com secagem, como também foi observado neste trabalho. Verifica-se que o uso do fungicida para o controle de patógenos em espécies recalcitrantes pode ser uma alternativa para o armazenamento, porém observou-se que quando as sementes estão com o teor de água muito elevado o fungicida não se mantém eficiente por um longo período, como foi verificado neste trabalho o limite de 60 dias para sementes com 35% de teor de água.

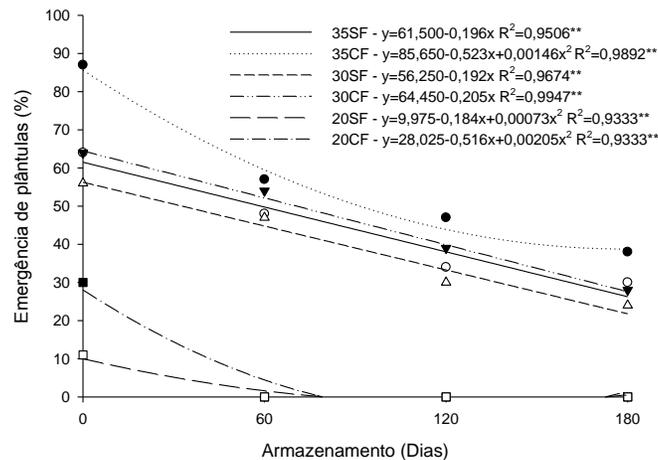
O vigor das sementes avaliado pelo tetrazólio apresentou as mesmas interações da germinação, sendo observada no Gráfico 4A a redução de vigor das sementes em todos os teores de água durante o armazenamento, o maior percentual de vigor foi obtido pelas sementes com 35% e 30% de teor de água ao zero dia. Aos 60 dias, as sementes com 35% de teor de água tiveram redução de 37% no vigor e as sementes com 30% apenas 8%, confirmando o que foi observado pela germinação, onde as sementes reumidecidas para 35% perderam qualidade mais rápido durante o armazenamento. As sementes com 20% de teor de água tiveram seu vigor e qualidade fisiológica afetada pela secagem desde o início do armazenamento, não sendo a secagem para esse teor de água recomendada para a espécie. Na interação teor de água x fungicida (Gráfico 4B) foi verificado vigor superior para as sementes tratadas com fungicida para os teores de água de 35% e 30%, porém para as sementes com 20% de teor de água com e sem fungicida, não foi constatada essa diferença devido aos danos causados pela secagem.

**Gráfico 4.** Médias de tetrazólio de sementes de Açaí com diferentes teores de água (35% - ●, 30% - ○ e 20% - ▼) (A), com (CF - ●) e sem (SF - ○) fungicida (B) e armazenamento por 0, 60, 120 e 180 dias, UFLA, 2014. .\*\*Significativo a 1% pelo teste t.



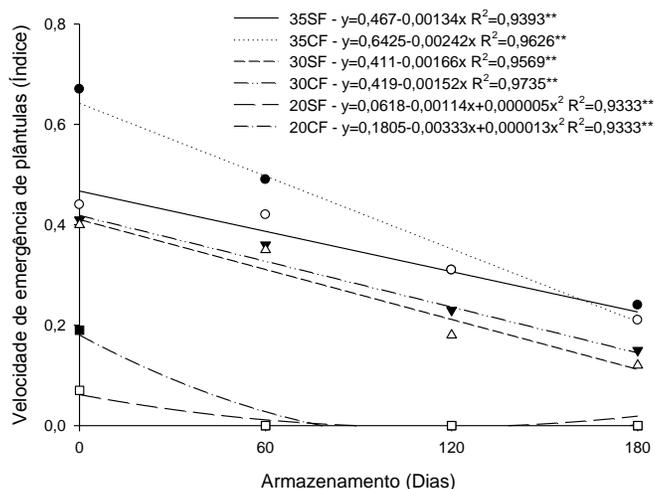
Na avaliação de emergência de plântulas (Gráfico 5) houve interação tripla onde foi possível observar desempenho superior das sementes tratadas com fungicida para todas as umidades. As sementes com 35% de teor de água tiveram maior vigor inicial apresentando 87% de emergência nas sementes tratadas com fungicida e 64% para as mesmas sem fungicida. Aos 60 dias ocorreu redução de 30% e 16% na emergência das plântulas provenientes de sementes com 35% de teor de água com e sem fungicida, já o mesmo não foi observado nas sementes de 30% de teor de água que apesar da emergência inicial ter sido inferior (64% com e 56% sem fungicida), aos 60 dias a redução foi de 10% com e 9% sem fungicida. Resultados obtidos por Nascimento, Cicero e Novembre (2010) e Nascimento, Novembre e Cicero (2007) apresentaram redução na emergência de plântulas de sementes de Açaí à medida que as sementes apresentavam teor de água reduzido, como também foi observado neste trabalho.

**Gráfico 5.** Médias de emergência de plântulas de sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida e armazenamento por 0, 60, 120 e 180 dias, UFLA, 2014. (35SF - ○), (35CF - ●), (30SF - △), (30CF - ▼), (20SF - □) e (20CF - ■). \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



Nos dados de índice de velocidade de emergência (Gráfico 6) foi observado redução progressiva na velocidade de emergência das plântulas ao longo do armazenamento em todos os teores de água. Observou-se que sementes com 35% de teor de água tratadas com fungicida foram superiores em relação às sementes tratadas dos demais teores de água durante todo o armazenamento, já sem tratamento fungicida aos zero e 60 dias, as sementes com 35% de teor de água tiveram índice superior apenas em relação às sementes sem tratamento com 20% de teor de água, porém, aos 120 e 180 dias do armazenamento as sementes com 35% de teor de água sem tratamento foram superiores com relação às sementes dos demais teores de água.

**Gráfico 6.** Médias de velocidade de emergência de plântulas em sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida e armazenamento por 0, 60, 120 e 180 dias, UFLA, 2014. (35SF - ○), (35CF - ●), (30SF - △), (30CF - ▼), (20SF - □) e (20CF - ■). \*\*Significativo a 1% pelo teste t.

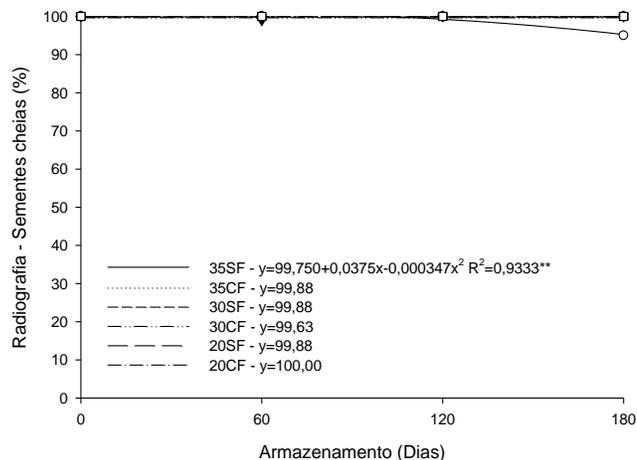


Na comparação do tratamento com e sem fungicida dentro dos teores de água, verificou-se diferença significativa apenas ao zero dia para sementes com 35% e 20% de teor de água, em que sementes tratadas tiveram maior índice em relação às não tratadas. E quando avaliada a velocidade de emergência das plântulas de sementes de cada teor de água com e sem tratamento fungicida ao longo do tempo, verificou-se que sementes com e sem fungicida com teores de água de 35% e 30% tiveram menor índice em 120 e 180 dias, já para as sementes com 20% o menor índice foi aos 60, 120 e 180 para sementes tratadas e em sementes sem tratamento não houve diferença significativa. Resultados obtidos para velocidade de emergência de plântulas por Martins et al. (2009), com sementes de Juçara secas em diferentes tempos e armazenadas por 30 semanas em sacos plásticos à temperatura de 10°C, constataram índice inferior

em sementes com baixo teor de água e redução desse índice ao longo do tempo de armazenamento, como também foi observado neste trabalho.

Os resultados obtidos pelo teste físico de raios-x (Gráfico 7) indicaram redução da qualidade física das sementes apenas ao final do armazenamento (180 dias), para as sementes com 35% de teor de água sem tratamento fungicida, sendo isto justificado pelo elevado teor de água das sementes que ocasionou proliferação de fungos e bactérias, acelerando o processo de deterioração das mesmas. Mediante isso, constatou-se que os danos causados pela proliferação de fungos foram maiores sem o tratamento fungicida, onde se verificou danos na estrutura física das sementes inviabilizando as mesmas, o que não foi observado nas sementes tratadas porque a incidência de fungos foi menor.

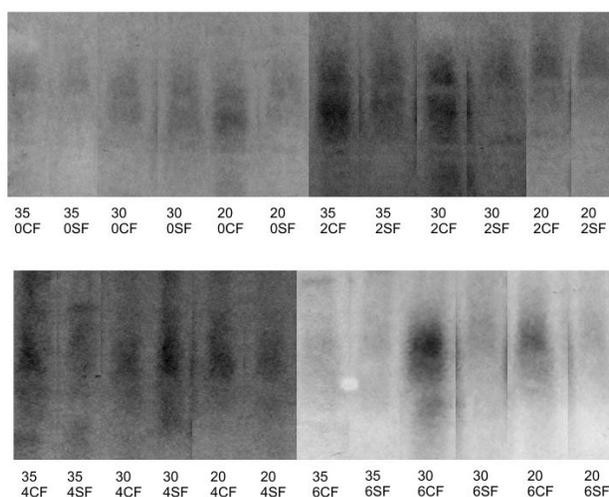
**Gráfico 7.** Médias do Raio-x em sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida e armazenamento por 0, 60, 120 e 180 dias, UFLA, 2014. (35SF - ○), (35CF - ●), (30SF - Δ), (30CF - ▼), (20SF - □) e (20CF - ■). \*\*Significativo a 1% pelo teste t.



A análise de isoenzimas das sementes de Açaí por meio da enzima malato desidrogenase (MDH) destacou presença de bandas mais intensas aos 60

dias de armazenamento para as sementes com teor de água de 35% e 30% (Figura 1), em que sementes tratadas com fungicida tiveram maior intensidade de bandas em relação às sementes sem tratamento fungicida. Tal fato deve-se ao aumento da respiração aeróbica das sementes ocasionado pelo processo de envelhecimento das sementes, porém a atividade dessa enzima foi reduzida aos 120 e 180 dias, o que pode ser justificado pelo elevado grau de deterioração das sementes nesse período.

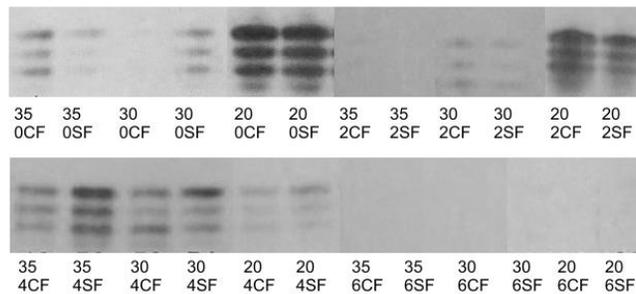
**Figura 1.** Enzima malato desidrogenase das sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida, e armazenamento por 0 (0), 60 (2), 120 (4) e 180 (6) dias, UFLA, 2014.



Na enzima álcool desidrogenase (ADH) que atua na respiração anaeróbica foi possível observar maior intensidade de bandas nas sementes com 20% de teor de água, com e sem tratamento fungicida aos zero e 60 dias, podendo ser justificado pela secagem das sementes que pode ter afetado a atividade das enzimas responsáveis pela respiração aeróbica (FIGURA 2). Aos 120 dias verificou-se atividade da ADH nas sementes de todos os teores de água,

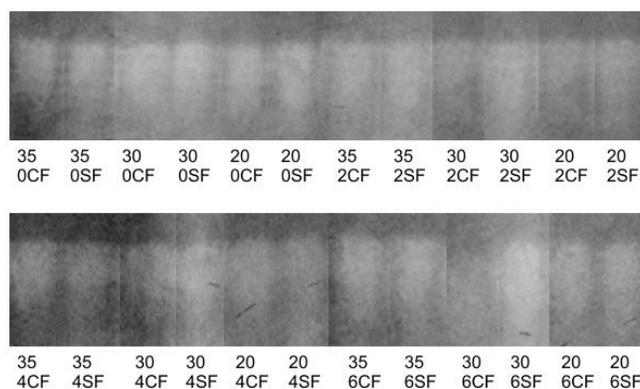
com e sem tratamento fungicida, sendo observada maior intensidade de bandas para as sementes com 35% e 30% de teor de água. Verificou-se também relação da ADH com MDH, em que a atividade da ADH foi maior quando a MDH estava menos ativa aos 120 dias, indicando a tentativa desta enzima em compensar a respiração aeróbica das sementes.

**Figura 2.** Enzima álcool desidrogenase das sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida, e armazenamento por 0 (0), 60 (2), 120 (4) e 180 (6) dias, UFLA, 2014.



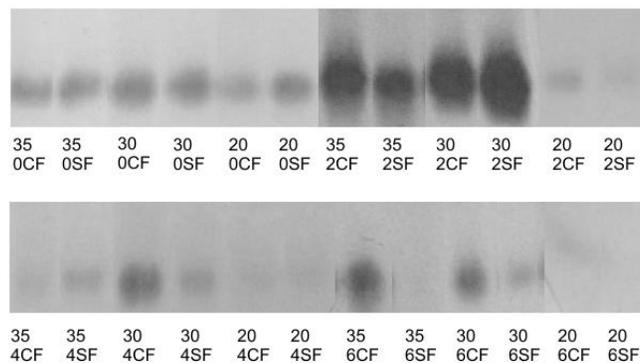
A superóxido desmutase (SOD) é responsável pela catalisação de superóxidos que são tóxicos às sementes, sendo o produto gerado peróxido de hidrogênio e oxigênio que são caracterizados menos tóxicos. Nas sementes de Açaí (Figura 3) pode-se observar intensidade de bandas da SOD durante todo o armazenamento para todos os teores de água e tratamento com e sem fungicida, isto é um indicativo da eficiência desta enzima em decompor radicais livres provenientes da deterioração durante o armazenamento.

**Figura 3.** Enzima superóxido desmutase das sementes de Açai com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida, e armazenamento por 0 (0), 60 (2), 120 (4) e 180 (6) dias, UFLA, 2014.



O produto gerado pela SOD é degradado pela peroxidase (PO) para desintoxicar as sementes decompondo o  $H_2O_2$  à água e oxigênio. Verificou-se maior intensidade de bandas aos 60 dias para as sementes com 35% e 30% de teor de água com e sem tratamento fungicida e redução aos 120 e 180 dias favorecendo assim a deterioração das sementes. Para as sementes com 20% de teor de água, com e sem tratamento fungicida (FIGURA 4), só houve atividade da enzima PO ao zero dia. Martins, Nakagawa e Ramos (2011) verificaram que houve redução da atividade da peroxidase em sementes de *Euterpe espirotosantensis* com baixos teores de água durante o armazenamento por 54 semanas em sacos plásticos, como também pode ser observado neste trabalho.

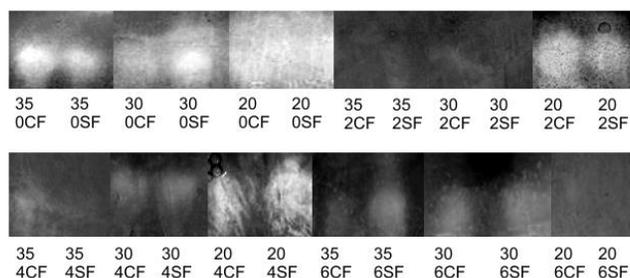
**Figura 4.** Enzima peroxidase das sementes de Açai com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida, e armazenamento por 0 (0), 60 (2), 120 (4) e 180 (6) dias, UFLA, 2014.



Observou-se também que aos 60 dias do armazenamento as sementes recalcitrantes de Açai já exigiam elevada atividade da PO para desintoxicação dos produtos gerados pelo envelhecimento das sementes, tal fato relacionado com a germinação confirma o limite em que as sementes podem ser armazenadas nessas condições.

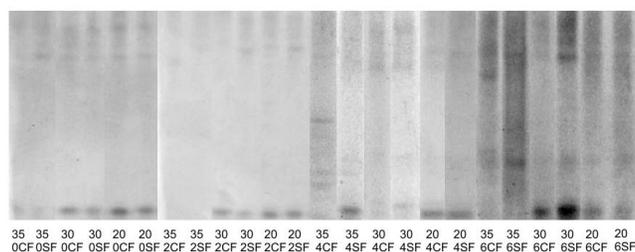
Na atividade da enzima catalase (CAT) outra peroxidase responsável pela desintoxicação das sementes apresentou maior intensidade de banda ao zero dia para as sementes em todos os teores de água e tratamento com e sem fungicida (Figura 5). Aos 60 e 120 dias verificou-se intensidade de bandas apenas para as sementes com 20% de teor de água, com e sem tratamento fungicida. Contudo, foi possível verificar como as enzimas PO e CAT se compensam pela redução ou inativação uma da outra, causado tanto pela dessecação quanto pelo armazenamento por 180 dias. Perfis de CAT observados por Cortes et al. (2010) em sementes de *Melanoxylon braúna* submetidas ao envelhecimento natural e artificial apresentaram redução da atividade enzimática devido à deterioração das sementes, como pode ser observado neste trabalho.

**Figura 5.** Enzima catalase das sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida, e armazenamento por 0 (0), 60 (2), 120 (4) e 180 (6) dias, UFLA, 2014.



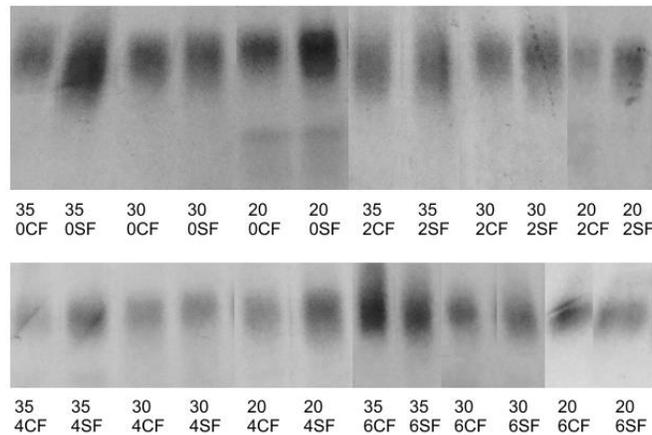
As membranas das células têm a enzima esterase (EST) como colaboradora para conservação das mesmas, pela hidrólise de ésteres e peroxidação de lipídios. Nas sementes de Açaí (Figura 6) foi observado maior intensidade de bandas da EST nas sementes com 30% e 20% de teor de água, com e sem tratamento fungicida, até 60 dias e aos 180 dias, e aos 120 dias apenas para as sementes com 35% de teor de água sem tratamento fungicida e com 20% de teor de água, com e sem tratamento fungicida. A atividade da EST nesses tratamentos pode ser justificada pela secagem e/ou envelhecimento, causando desorganização das membranas e exigindo, por isso, maior atividade de reparo pela enzima.

**Figura 6.** Enzima esterase das sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida, e armazenamento por 0 (0), 60 (2), 120 (4) e 180 (6) dias, UFLA, 2014.



As sementes de Açaí por serem oleaginosas apresentaram atividade das enzimas isocitrato liase (ICL) que são responsáveis pelo metabolismo de lipídios, atividade dos glioxissomos e o clico glioxilato. Observou-se atividade da enzima ICL durante todo o armazenamento, porém com maior intensidade de bandas ao zero dia, nas sementes em todos os teores de água e tratamento com e sem fungicida (Figura 7). Verificou-se também pelos perfis enzimáticos da ICL que durante todo o armazenamento as sementes de Açaí utilizaram suas reservas de lipídios para produzir energia na tentativa de manter a viabilidade das sementes.

**Figura 7.** Enzima isocitrato liase das sementes de Açaí com diferentes teores de água (35%, 30% e 20%), com (CF) e sem (SF) fungicida, e armazenamento por 0 (0), 60 (2), 120 (4) e 180 (6) dias, UFLA, 2014.



As enzimas estudadas retrataram o que foi observado pelos testes de qualidade fisiológica das sementes de Açaí, onde se verificou a influência da secagem e do armazenamento no processo de deterioração das sementes.

Diante do exposto, verificou-se diferença na qualidade física e fisiológica das sementes de Açaí assim como diferenças na atividade enzimática. O limite de secagem observado foi de 30% de teor de água, o armazenamento

em sacos plásticos por 180 dias, em ambiente natural, não foi suficiente para manter a qualidade fisiológica das sementes, sendo o limite recomendado nessas condições de 60 dias.

As sementes com 35% e 30% de teor de água tratadas com fungicidas foram superiores no desempenho fisiológico, não se verificando intoxicação das sementes pelo tratamento fungicida em nenhuma das umidades estudadas. A eficiência do fungicida para sementes com 35% de teor de água foi até 60 dias, após esse período houve incidência de fungos, o que contribuiu para a redução da qualidade das sementes, devido ao elevado teor de água das mesmas.

Verificou-se durante o armazenamento a presença de bactérias nas sementes com 35% de teor de água, com e sem tratamento fungicida, após 60 dias; o que é comum em sementes de espécies florestais.



#### **4 CONCLUSÕES**

As sementes de Açaí com 35% e 30% de teor de água tratadas com fungicida têm melhor qualidade fisiológica.

O tratamento fungicida é eficiente em todo o período do armazenamento para as sementes de Açaí com 30% e 20% de teor de água, e para as sementes com 35% de teor de água somente até 60 dias.

O armazenamento por 180 dias em ambiente natural não mantém a qualidade fisiológica das sementes de Açaí com e sem tratamento fungicida.



## REFERÊNCIAS

- AFONSO JÚNIOR, P. C. et al. Secagem, armazenamento e qualidade secagem, armazenamento e qualidade fisiológica de sementes do Cafeeiro. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, n. 9, p. 67-82, 2006.
- ALFENAS, A. C. **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 627 p.
- BONOME, L. T. S. et al. Influência do tratamento fungicida e da temperatura sobre a qualidade fisiológica de sementes de Seringueira durante o armazenamento. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 5, p. 97-112, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 395 p.
- BRASILEIRO, B. G. et al. Qualidade fisiológica de sementes de Nêspera armazenadas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira Fruticultura**, Brasília, DF, p. 686-691, 2011. Volume especial.
- CORTES, V. B. et al. Estudo enzimático da deterioração de sementes de *Melanoxylon brauna* submetidas ao envelhecimento natural e acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 83-91, 2010.
- DESAI, B. B.; KOTTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook: biology, production, processing and storage**. New York: M. Dekker, 1997. 627 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnológica**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behavior**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 62 p.
- KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos eucaliptos. In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. Viçosa, MG: Ceres, 2005. p. 319-332.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MARTINS, C. C. et al. Secagem e armazenamento de sementes de Juçara. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 635-642, 2009.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M. L. A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Açaí. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 231-235, 2009.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; RAMOS, P. R. R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirosantensis* Fernandes. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 85-90, 2011.

MARTINS-CORDER, M. P.; SALDANHA, C. W. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de diferentes progênies de *Euterpe edulis* Mart. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, p. 693-699, 2006.

NASCIMENTO, W. M. O.; CICERO, S. M.; NOVENBRE, A. D. L. C. Conservação de sementes de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 24-33, 2010.

NASCIMENTO, W. M. O.; MORAES, M. H. D. Fungos associados a sementes de Açaí: efeito da temperatura e do teor de água das sementes durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 415-425, 2011.

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

OLIVEIRA, C. F. et al. Deterioração de sementes de espécies brasileiras de Eugenia em função da incidência e do controle de fungos. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 520-532, 2011.