

**CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE  
MAMONA (*Ricinus communis* L.)**

**HELOISA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**2010**

**HELOISA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE MAMONA (*Ricinus communis* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Sementes, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora  
Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, Heloisa Oliveira dos.

Conservação de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) /  
Heloisa Oliveira dos Santos. – Lavras : UFLA, 2010.  
85 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.  
Orientador: Maria Laene Moreira de Carvalho.  
Bibliografia.

1. Armazenamento. 2. Criopreservação. 3. Embalagem. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.521

**HELOISA OLIVEIRA DOS SANTOS**

**CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE MAMONA (*Ricinus communis* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Sementes, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2010

Profª. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho	UFLA
Prof. Dr. Júlio Marcos Filho	USP/Esalq
Profª. Dra. Renata Silva-Mann	UFS

Profª. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho  
UFLA  
(Orientadora)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

*Aos meus amados pais, Antonio e Ivanilde,  
A minha irmãzinha, Paulina,*

**DEDICO**

*A minha família,  
Aos meus anjinhos, Renato Augusto, Elise e Bruno,  
A minha brilhante orientadora Maria Laene,  
por todos os ensinamentos e apoio*

**AGRADEÇO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq), a concessão da bolsa.

À minha orientadora, Profa. Maria Laene Moreira de Carvalho, pela infinita paciência, profissionalismo, dedicação, amizade, ensinamentos transmitidos, por acreditar que eu tinha potencial, sempre me apoiando nos momentos de dificuldade.

Aos professores do Setor de Sementes, Prof. Renato Mendes Guimarães, Profa. Édila Vilela de Resende Von Pinho, Prof. João Almir Oliveira, ao pesquisador Antonio Rodrigues Vieira, exemplos de caráter e profissionalismo, a constante disponibilidade e a contribuição em minha formação profissional e pessoal.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Júlio Marcos Filho, Profa. Dra. Édila Vilela de Resende Von Pinho e Profa. Dra. Renata Silva-Mann.

À Profa. Maria das Graças Cardoso, do Departamento de Química, pelo auxílio e a contribuição na condução das pesquisas.

Aos estagiários, bolsistas de iniciação científica e BIC-júnior's, por todo auxílio e dedicação na condução dos experimentos.

Em especial aos meus “filhotes”, Renato Augusto, Luis Felipe Almeida, André Domingos Junior, Kênia Carvalho, Elise de Matos, Marta Nascimento, Bruno Carvalho, Ricardo Costa, Michelle Jácome, Vinicius Rocha, Felipe Vilela, Viviane Abreu, Iolanda Vilela e Laís Andrade, pela grandiosa colaboração durante a execução dos trabalhos e os momentos de descontração. Muito obrigada por fazerem parte da minha vida.

Aos funcionários do Setor de sementes, Elenir, Elza, Wilder Sousa, Wilder Bento, Priscila, Dalva e Laís, pelo auxílio na execução dos experimentos e amizade.

Aos meus eternos “mestres”, Genésio Tâmara Ribeiro, Robério Anastácio Ferreira e Renata Silva-Mann, por me terem ensinado a amar o que faço, pelo incentivo e acima de tudo pela amizade.

À família Nascimento, por sempre me acolher e pelos maravilhosos momentos que passei junto a vocês, em especial a Rosangela e André.

Aos amigos de Pós-Graduação, em especial, Vivian Nascimento, Letícia Cattelan, Patrícia Alvim, Alexana Baldoni e Priscila Alves, por tornarem os meus dias em Lavras mais alegres e ternos.

Aos amigos de todas as horas; Ísis Dantas, Júlio Poderoso e Thiago Matos, pela paciência, amizade, carinho e companheirismo em todos os momentos.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para que essa fase da minha vida fosse tão maravilhosa, **MUITO OBRIGADA!**

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS .....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	ix
ABSTRACT .....	x
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1 Importância e características de sementes de mamona .....	4
2.2 Deterioração e armazenamento de sementes de mamona .....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1 Determinação do grau de umidade das sementes .....	18
3.2 Teste de germinação .....	18
3.3 Emergência de plântulas em condições controladas.....	19
3.4 Extração e determinação do teor de óleo .....	19
3.5 Teste de sanidade .....	20
3.6 Determinações enzimáticas.....	20
3.7 Procedimentos estatísticos .....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	22
4.1 Determinação do grau de umidade .....	24
4.2 Germinação aos sete dias.....	26
4.3 Teste de germinação .....	31
4.4 Emergência de plântulas .....	38
4.4 Índice de velocidade de emergência (IVE).....	43
4.5 Teor de óleo .....	48
4.6 Teste de sanidade .....	52
4.7 Análise das atividades enzimáticas.....	58

5 CONCLUSÕES .....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	71
ANEXOS .....	83

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 Plântulas normais aos sete dias de germinação de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A) e IAC-226 (B), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses), para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criarmazenagem-Crio). ..... 30
- FIGURA 2 Plântulas normais aos sete dias da germinação de sementes de mamona cultivar Guarani em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses). ..... 31
- FIGURA 3 Plântulas normais na germinação de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A), IAC-226 (B) e Guarani (C), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses), para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio). ..... 37
- FIGURA 4 Porcentagem de emergência de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A), IAC-226 (B) e Guarani (C), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio). ..... 42
- FIGURA 5 Índice de velocidade de emergência de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A) e IAC-226 (B), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-

	C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).....	46
FIGURA 6	Índice de velocidade de emergência de sementes de mamona cultivar Guarani em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses).....	48
FIGURA 7	Resultados de teor de óleo de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A) e Guarani (B), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses)..	50
FIGURA 8	Resultados de teor de óleo de sementes de mamona cultivar IAC-226 em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem a vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).....	52
FIGURA 9	Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional- papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Criopreservação) reveladas para a enzima Superóxido dismutase (SOD). .....	60
FIGURA 10	Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional- papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém	

convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Crioarmazenagem) reveladas para Catalase (CAT). ..... 62

FIGURA 11 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Crioarmazenagem) reveladas para Álcool desidrogenase (ADH). ..... 64

FIGURA 12 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Crioarmazenagem) reveladas para Malato desidrogenase (MDH). ..... 65

FIGURA 13 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara

fria - plástico; T6: Câmara fria - vácuo e T7:  
Crioarmazenagem) reveladas para Esterase (EST). ..... 67

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Descrição das condições de armazenamento das sementes de mamona ( <i>Ricinus communis</i> L.).....	17
--	----

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 Valores médios das temperaturas máximas ( $T_x$ ), mínimas ( $T_n$ ), e médias ( $T_m$ ) E da umidade relativa (UR) dos meses correspondentes ao período de armazenamento das sementes de mamona. .... 23
- TABELA 2 Médias em porcentagem do grau de umidade de sementes de mamona, cv. IAC-80, IAC-226 e Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-CF; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio). .... 25
- TABELA 3 Porcentagem de plântulas normais aos sete dias germinação de sementes de mamona, para as cultivares IAC-80 e IAC-226, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses), para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio)..... 26
- TABELA 4 Porcentagem de plântulas normais aos sete dias da germinação de sementes de mamona, cultivar Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses). .... 28
- TABELA 5 Porcentagem de plântulas normais na germinação de sementes de mamona, cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-

Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).....	32
TABELA 6 Resultados de emergência de plântulas de mamona, cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio). ....	40
TABELA 7 Resultados de índice de velocidade de emergência de sementes de mamona, cultivares IAC-80 e IAC-226, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).....	44
TABELA 8 Resultados de índice de velocidade de emergência de sementes de mamona, cultivar Guarani, para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio). ....	47
TABELA 9 Resultados de teor de óleo de sementes de mamona, cultivar IAC-80 e Guarani, para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio). ....	49
TABELA 10 Resultados de teor de óleo de sementes de mamona cultivar IAC-226 em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém	

	convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem a vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).....	51
TABELA 11	Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de mamona cultivar IAC-80 em função da condição de armazenamento, antes do armazenamento e aos 4, 8 e 12 meses.....	53
TABELA 12	Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de mamona cultivar IAC-226 em função da condição de armazenamento, antes do armazenamento e aos 4, 8 e 12 meses.....	54
TABELA 13	Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de mamona cultivar Guarani em função da condição de armazenamento, antes do armazenamento e aos 4, 8 e 12 meses.....	56

## RESUMO

SANTOS, Heloisa Oliveira dos. **Conservação de sementes de mamona (*Ricinus communis* L.)**. 2010. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.\*

Para investigar o efeito de diferentes condições de armazenamento no potencial fisiológico e sanitário de sementes de mamona foram utilizadas sementes de três cultivares, Guarani, IAC-80 e IAC-226, armazenadas em dois ambientes (câmara fria e armazém convencional) em três embalagens (papel Kraft multifoliado e plástico com e sem acondicionamento a vácuo a 1atm), e também sob criopreservação (-196°C). A qualidade das sementes foi avaliada antes do armazenamento e após 4, 8 e 12 meses por meio dos testes de germinação (contagem aos 7 e 14 dias), emergência, sanidade, teor de água e teor de óleo. Foram avaliadas as atividades das enzimas: esterase (EST), catalase (CAT), malato desidrogenase (MDH), álcool desidrogenase (ADH) e superóxido dismutase (SOD). Foi detectada dormência das sementes, superada pelo tratamento de imersão em nitrogênio líquido que provocou a ruptura do tegumento. A manutenção da qualidade fisiológica de sementes de mamona das cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani por 12 meses é possível nas seguintes condições: criopreservação (-196°C) como condição ideal; em embalagens plásticas ou papel multifoliado sob refrigeração e em armazéns convencionais, acondicionadas em embalagens plásticas sob condições de vácuo. Independente das condições de armazenamento avaliadas, o teor de óleo decresce e a incidência dos fungos *Aspergillus* spp e *Penicillium* spp. é incrementada ao longo do tempo. A enzima catalase se destaca como um marcador da deterioração de sementes de mamona durante o armazenamento.

---

\* Comitê Orientador: Profa. Dra. Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA (Orientadora); Prof. Dr. João Almir Oliveira – UFLA; Profa. Dra. Maria das Graças Cardoso – UFLA.

## ABSTRACT

SANTOS, Heloisa Oliveira dos. **Conservation of castor seeds (*Ricinus communis* L.)**. 2010. 85p. Dissertation (Master in Agronomy) - Federal University of Lavras, Lavras. \*

To investigate the effect of different storage conditions on the physiological and health of castor seeds were used seeds of three cultivars, Guarani, IAC-80 and IAC-226, stored in two environments (cold storage and conventional) in three packages (multiwall kraft paper and plastic packaging with and without vacuum to 1 atm), and also under cryopreservation (-196 ° C). Seed quality was assessed before storage and after 4, 8 and 12 months by germination test (count 7 and 14 days), emergency, health, water content and oil content. We evaluated the activities of enzymes: esterase (EST), catalase (CAT), malate dehydrogenase (MDH), alcohol dehydrogenase (ADH) and superoxide dismutase (SOD). Was detected seed dormancy, overcome by dipping in liquid nitrogen that caused the rupture of the integument. The maintenance of the physiological quality of seeds of castor bean cultivar IAC-80, IAC-226 and Guarani for 12 months is possible under the following conditions: cryopreservation (-196 ° C) as an ideal condition, in plastic or multiwall paper under refrigeration and conventional warehouses, packed in plastic bags under vacuum conditions. Regardless of the storage conditions evaluated, the oil content decreases the incidence of *Aspergillus* and *Penicillium* spp. is increased over time. The catalase enzyme stands out as a marker of the deterioration of castor seeds during storage.

---

\* Guidance Committee: Maria Laene Moreira de Carvalho - UFLA (Advisor); Prof. Dr. João Almir Oliveira – UFLA; Profa. Dra. Maria das Graças Cardoso – UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

A obtenção de energia limpa por mecanismos alternativos tem recebido a cada dia mais atenção na ciência, política, indústria e mídia. Com isso, a bioenergia deixou de ser um tópico obscuro, exercido somente por ideologistas em busca da “economia verde”. A bioeconomia atualmente é vista como um novo modelo conveniente que favorece a produção ambientalmente sustentável. Vários fatores têm contribuído para essa mudança, dentre os quais se destacam os efeitos das mudanças climáticas. Muitos autores expressam que os efeitos desse fenômeno já são reais, o que poderá provocar consequências ao ambiente e ao setor econômico global.

Outro fator que tem impulsionado os estudos com espécies bioenergéticas é o grande aumento no preço do barril de petróleo, o qual se manteve estável ao longo dos anos e nos últimos meses tem aumentado significativamente. As especulações desse comportamento se concentram no fato da demanda por petróleo aumentar a cada ano e as reservas serem finitas.

Com o aumento na demanda por combustíveis renováveis percebe-se uma real necessidade de aumento na produção de espécies que forneçam matéria prima em quantidade e qualidade suficiente para suprir esse mercado.

Dentre estas espécies, a mamona tem recebido grande destaque. No entanto, devido à grande demanda por essa oleaginosa, a semente se tornou um insumo escasso, mas fundamental para o estabelecimento e alta produtividade da cultura.

Pouco se sabe sobre a qualidade de sementes de mamona no armazenamento em curto prazo e sobre os acessos conservados ao longo dos anos em bancos de germoplasma. Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes durante o armazenamento a qualidade inicial do lote, o ambiente de conservação, com suas variações de temperatura, umidade e disponibilidade de

oxigênio, bem como as características inerentes da espécie devem ser consideradas, logo, o desenvolvimento de métodos adequados de conservação de sementes de mamona é fundamental, principalmente tendo em vista a manutenção, em longo prazo, do programa biodiesel no país.

Dentre as várias cultivares de mamona disponíveis no mercado brasileiro, as cvs. Guarari, IAC-80 e IAC-226, apresentam características que as diferenciam das demais, principalmente quanto ao fim a que se destinam. Estas apresentam ainda, entre si, diferença de porte, adaptação às diferentes regiões do país e principalmente no teor de óleo das sementes.

Por apresentarem elevado teor de óleo, podendo variar de 35 a 55%, a depender da cv., fazem com que as sementes de mamona sejam consideradas problemáticas, principalmente em relação ao armazenamento e ao baixo vigor, ao ponto por exemplo de ser indicado armazenar sementes de mamona por um período máximo de 9 meses.

Outro problema que interfere diretamente na qualidade das sementes de mamona é a desuniformidade de maturação, além da dormência tegumentar já relatada em várias cultivares. Uma planta de mamona pode produzir de 3 a cinco cachos e cada um amadurece em época diferente. Além disso, dentro do cacho, a maturação dos frutos também não é uniforme, encontrando-se ao mesmo tempo frutos verdes e frutos secos. Se o agricultor optar pela permanência das plantas no campo, após a completa maturação dos racemos (cachos), maior será a perda durante a colheita de variedades deiscientes, como também, maior será sua exposição aos efeitos ambientais (chuva, vento, pragas etc), por outro lado, a colheita prematura poderá trazer sementes que não alcançaram o ápice do “potencial fisiológico” acarretando sérios inconvenientes (Marcos Filho, 2005).

A pesquisa tem dado suporte às empresas de sementes no contínuo aperfeiçoamento das técnicas de produção. O armazenamento em condições controladas, hoje já praticado por grandes empresas do setor sementeiro, é um

bom exemplo e reflete a preocupação com a preservação da qualidade das sementes produzidas. No caso das sementes de mamona, até o momento tem-se tido dificuldades em se estabelecer qual melhor condição de armazenamento o que sugere a adoção de metodologias específicas para sementes desta espécie.

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito de diferentes condições de armazenamento sobre as alterações fisiológicas, sanitárias, isoenzimáticas e no teor de óleo das sementes das cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, armazenadas ao longo de um período de 12 meses.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância e características de sementes de mamona**

Com a eminente escassez do petróleo e impactos ambientais decorrentes da queima de combustíveis fósseis, há um interesse crescente pela produção de biodiesel no Brasil e no mundo. O desenvolvimento tecnológico de novas fontes de energia é, hoje, um tema prioritário para as instituições de pesquisa ligadas ao estudo de alternativas ao uso do petróleo e de seus derivados para fins energéticos.

Dentre as espécies vegetais que apresentam grande potencial como fonte de produção de biodiesel q, destaca-se a mamona (*Ricinus communis* L.), por apresentar altos teores de óleo em seus grãos, por ser uma espécie que apresenta resistência à seca, adaptando-se facilmente a várias regiões, além de ser uma cultura que pode ser promovida no sistema de agricultura familiar, propiciando maior emprego de mão-de-obra, ideal para introdução em regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico (Fanan et al., 2009).

Outro ponto a ser destacado é que pelo fato da mamona não ser destinada à alimentação humana, diferentemente de outras espécies que apresentam elevados teores de óleo a exemplo da soja, girassol e amendoim, sob o ponto de vista social, apresenta vantagens uma vez que não haveria concorrência com tal mercado (Pires et al., 2004).

A Índia, a China e o Brasil respondem por 92% da produção mundial de bagas de mamona desde 1980. A Alemanha e a Tailândia são os países definidos como os principais importadores da mamona em baga responsáveis por aproximadamente 91% das importações mundiais (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, 2009).

Atualmente a Bahia é o maior produtor de mamona do Brasil, seguido pelo Ceará e pelo Piauí, estados responsáveis por aproximadamente 90% da

produção nacional no ano de 2008 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009). Existe ainda um déficit na produção de óleo de mamona no Brasil, em torno de 20%, o que tem obrigado o país a importar o produto (FAO, 2009).

A mamoneira é uma das mais de 7000 espécies da família Euphorbiaceae, possivelmente originária da Etiópia, no continente africano, sendo cultivada desde as primeiras civilizações e é hoje, disseminada por quase todo o mundo. A expansão do seu cultivo deu-se, principalmente devido a sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e à importância do óleo extraído de suas sementes (Beltrão et al., 2001).

É uma espécie politépica que engloba seis subespécies e 25 variedades botânicas (Moshkin, 1986), que diferem entre si por diversos fatores genéticos, sendo que a maioria das cultivares comerciais classificam-se na subespécie *R. communis communis*, apresentado inclusive híbridos entre estas, e alguns destes de importância comercial. Nestas subespécies há uma grande diversidade entre os tipos em termos de altura das plantas, coloração das folhas e do caule, porte, hábito de crescimento, teor de óleo nas sementes, dentre outros parâmetros (Weiss, 1983).

Os primeiros programas de melhoramento da mamoneira no Brasil tiveram início em 1936, em São Paulo, no Instituto Agrônomo de Campinas. Estes programas buscavam cultivares de porte mais elevado e com maiores produtividades. Dentre as cultivares desenvolvidas algumas se destacaram comercialmente, sendo utilizadas até hoje, a exemplo das cultivares Guarani, IAC-80 e IAC-226.

A cultivar Guarani é o resultado do cruzamento da cultivar Campinas com a cultivar Preta, sendo bastante disseminada nas principais regiões produtoras do país. Tem como principal característica a produção de frutos indeiscentes, facilitando assim a colheita mecanizada. Suas sementes apresentam

teor de óleo, cinzas, proteínas e fibras de 40,6; 3,6; 19,7 e 18,6% respectivamente (IAC, 2009).

A cultivar IAC-80 foi obtida por seleção massal e polinização controlada, apresentando frutos deiscentes, o que obriga a uma colheita ainda com os cachos úmidos, levando à necessidade de secagem dos frutos antes do beneficiamento, o que pode até inviabilizar a colheita mecânica. Suas sementes apresentam teor de óleo, cinzas, proteínas e fibras de 47,7; 3,7; 18,5 e 16,5% respectivamente (IAC, 2009).

A cultivar IAC-226 foi obtida do cruzamento da linhagem Pindorama com a cultivar Campinas. Esta foi à primeira cultivar comercial de porte alto com frutos indeiscentes em distribuição comercial no país, com potencial de produção médio de 2.680 kg ha<sup>-1</sup>. Suas sementes apresentam teor de óleo, cinzas, proteínas e fibras de 46,5; 3,2; 17,7 e 17,8% respectivamente (IAC, 2009).

Os frutos da mamoneira são cápsulas, ou bagas, do tipo tricoca, muito variáveis em relação ao tamanho, coloração e presença ou não de espinhos, com três lojas, cada uma com um óvulo que quando fecundado, produz uma semente, podendo então originar até três sementes por fruto. A semente é constituída de tegumento, rafe, micrópila, carúncula, endosperma, cotilédones e eixo embrionário (Mazzani, 1983).

Com a necessidade do aumento da produção de bagas de mamona, devido à alta demanda por essa oleaginosa, a semente de alta qualidade se tornou um insumo escasso e ao mesmo tempo essencial para o aumento produtividade e estabelecimento da cultura. Diante disto, um dos grandes desafios atuais da pesquisa agrícola trata-se da produção e a conservação de sementes desta cultura, para que estas possam ser utilizadas em programas de melhoramento, conservação de germoplasma, ao longo de safras para suprir a demanda de mercado, para manter, em longo prazo, o programa biodiesel no país, bem como

para o estudo de algumas peculiaridades da espécie como a desuniformidade de maturação, a dormência, entre outros.

As sementes de mamona apresentam irregularidade na emergência das plântulas em campo e também em laboratório. Tal evento tem sido atribuído à dificuldade de absorção de água pelas sementes, devido à espessura e rigidez do tegumento ou a uma possível dormência pós-colheita (Lago et al., 1979), representada pela dureza tegumentar. Esses autores, avaliando a qualidade fisiológica de sementes de mamona, cultivares Guarani e IAC-38, constataram variação de 9 a 66% de sementes dormentes.

A germinação das sementes de mamona é do tipo epígea e, de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992), demanda 14 dias para ocorrer, sob condições ideais de laboratório. As temperaturas indicadas para o teste de germinação são de 25°C ou 20°-30°C, com a primeira contagem aos sete dias, sendo recomendado que a carúncula das sementes seja retirada para a realização do teste de germinação, por ser uma estrutura propícia ao desenvolvimento de fungos causadores de doenças em plântulas.

A germinação de sementes oleaginosas, como a mamona, possui uma característica peculiar, que é a transformação de lipídios em carboidratos, sendo estes, transportados para os pontos de crescimento. Em sementes de mamona esta conversão é tão eficiente que cada grama de lipídio metabolizado resulta na formação de 1g de carboidrato, o que equivale a 40% de recuperação da energia livre na forma de ligações de carbono (Taiz & Zeiger, 2004).

O conhecimento da composição química da semente é de grande importância tecnológica, afinal tanto a germinação como o comportamento durante a armazenagem são influenciados por esta (Jacob-Neto & Rossetto, 1998).

Sementes da mamona variam em formato, tamanho, peso e coloração (Azevedo et al., 1997). Além destas características, a composição química

também é variável (Jacob-Neto & Rossetto, 1998). Isto ocorre principalmente em função da origem genética, porém as condições ambientais a que as plantas são expostas também podem alterá-las (Carvalho & Nakagawa, 2000).

O teor de óleo das sementes de mamona varia de 35 a 55% (Vieira et al., 1997), mas a maior parte das cultivares plantadas comercialmente no Brasil possuem teor de óleo variando entre 45% e 50% (Freire et al., 2006). Cerca de 90% do óleo de sementes de mamona é composto por triglicerídeos, principalmente da ricinoleína.

O ácido ricinoleico é armazenado nas células em estruturas de membrana única denominadas de oleossomos ou esferossomos (Taiz & Zeiger, 2004). Este triglicérideo apresenta três grupos altamente reativos, que permitem obter reações químicas decorrentes da presença do grupo carboxila no carbono 1, uma dupla ligação no carbono 9 e a hidroxila no carbono 12 que, juntas, permitem qualidades específicas à produção de uma infinidade de produtos industriais (Chierice & Claro Neto, 2001). O grupo hidroxila confere, a esse composto, estabilidade e alta viscosidade, além de solidificar em baixas temperaturas, possui estabilidade oxidativa (Muller, 1978).

O grupo hidroxila também confere propriedade exclusiva de solubilidade em álcool, sendo considerado o único glicerídeo na natureza, solúvel em álcool Beltrão (2003). Além disso, no processo de extração, o óleo pode ser obtido por meio de diferentes métodos, desde a extração por solvente, a exemplo do hexano, até pela prensagem, a frio ou a quente (Macedo, 2004).

A composição química do óleo pode variar de acordo com a cultivar, região de cultivo e condições de armazenamento (Fornazieri Junior, 1986), e estas variações influenciam diretamente a degradação deste óleo. Logo, a avaliação do perfil dos ácidos graxos do óleo extraído de sementes de mamona armazenadas em diferentes condições pode vir a elucidar dúvidas relacionadas ao processo de deterioração de sementes desta espécie.

A conservação de sementes oleaginosas, como é o caso da mamona, que apresenta na sua constituição alto teor de óleo, é dificultada, uma vez que sementes com maiores teores de lipídios são mais susceptíveis a deterioração dificultando assim o armazenamento das mesmas.

## **2.2 Deterioração e armazenamento de sementes de mamona**

A qualidade das sementes de mamona é máxima por ocasião da maturidade fisiológica (Fanan, 2008), podendo ser afetada por diversos fatores durante o processo de produção. A manutenção desta qualidade no decorrer do tempo vai depender diretamente da longevidade inerente a espécie, da sua qualidade inicial, bem como das condições onde estas foram armazenadas (Carvalho & Pinho, 1997). Além desses fatores, as adversidades ocorridas durante o desenvolvimento das sementes têm sido citadas como agentes aceleradores da deterioração e redução da qualidade destas (Andrade & Borba, 1993). No entanto, vale ressaltar que todos esses fatores afetam com intensidade variável de acordo com o histórico do(s) lote(s).

Para muitos autores, os primeiros sinais da deterioração de sementes estão relacionados com a alteração ou perda da integridade das membranas celulares. Porém, atualmente tem sido observado que mesmo antes desse fenômeno, a perda ou aumento da atividade de determinadas enzimas poderão contribuir para o início do processo deteriorativo em sementes. Além da perda da integridade das membranas durante o processo de deterioração, é possível observar também uma redução da produção de ATP, diminuição na síntese de proteínas e ácidos nucleicos além de degeneração cromossômica (Marcos Filho, 2005).

Deste modo, os estudos básicos sobre as transformações fisiológicas pelas quais passam as sementes, incluindo o conhecimento das bases bioquímicas que regem a perda da viabilidade e a compreensão da fisiologia da

semente são essenciais para o entendimento dos mecanismos envolvidos na deterioração (Paula et al., 1998).

Apesar de estes mecanismos que levam à deterioração da semente ainda não estarem completamente elucidados, sabe-se que a redução na qualidade fisiológica das sementes está relacionada a alterações bioquímicas que conduzem ao comprometimento de suas atividades metabólicas (Freitas et al., 2004).

A deterioração é um processo inevitável, que pode ser mais rápido ou mais lento, dependendo do ambiente e das características da semente. De uma maneira geral, a redução da temperatura e da umidade, sementes e ambiente, fazem com que ocorra uma redução do metabolismo (Vieira et al., 2002).

Uma das consequências do processo deteriorativo é a formação de radicais livres, que são um grupo de átomos com elétrons não pareados, sendo, portanto bastante reativos e capazes de destruir grandes polímeros como os lipídios de membrana. Os principais agentes oxidantes gerados são: hidroxila (OH<sup>-</sup>), superóxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) e o peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Uma das alternativas para o estudo da deterioração das sementes é a análise de grupos de isoenzimas, pois permite identificar os pontos iniciais em que ocorrem os danos, bem como fornecer informações seguras sobre as reais causas de eventos deteriorativos e suas consequências (Camargo, 2003).

Dentre as enzimas removedoras de radicais livres, formados durante o processo deteriorativo em sementes, McDonald (1999) aponta como principais a catalase, a peroxidase e superóxido dismutase.

A catalase é uma enzima tetramérica encontrada numa organela especializada denominada de peroxissomo, e tem a função de consumir o peróxido de hidrogênio produzido em condições de estresse, além de possui um

mecanismo muito eficiente de remoção de radicais livres (Mallick & Mohn, 2000).

Vários autores trabalhando com sementes de espécies com alto teor de óleo observaram redução na atividade dessas enzimas, entre elas a catalase, com o aumento do período de armazenamento de sementes. Da mesma forma, Goel et al. (2003) relataram em sementes de algodão essa redução e resultados semelhantes foram observados por Sung & Chiu (1995) em sementes de soja, por Sung (1996) em sementes de amendoim, e por Bailly (1996) em sementes de girassol.

Já a peroxidase, outra enzima removedora de radicais livres, utiliza o peróxido de hidrogênio para oxidar substâncias doadoras de hidrogênio como fenóis, grupos com anéis aromáticos, diaminas, ácido ascórbico, aminoácidos e alguns íons inorgânicos (Nkang, 1996). Estas são monômeras de peso molecular de 40.000 daltons constituídos de carboidratos e proteínas combinados com porfirina férrica. A superóxido dismutase (SOD) consiste num grupo de metaloenzimas capazes de catalizar a formação de peróxido de hidrogênio a partir de radicais superóxidos, eliminando-os e livrando a célula do processo oxidativo. Esta enzima é encontrada no citoplasma celular e matriz mitocondrial (Guelfi, 2001; McDonald, 1999).

Stewart & Bewley (1980) verificaram, em soja, que sementes viáveis possuem a capacidade de produzir SOD dentro das primeiras horas da embebição, porém aquelas não viáveis não apresentaram atividade.

Bailly et al. (1996) constataram que a perda da viabilidade de sementes de girassol, que também apresentam alto teor de óleo, está associada ao decréscimo na atividade da superóxido dismutase. Tais resultados condizem com os encontrados por Goel et al. (2003) em sementes de algodão e por Sung & Jeng (1994) em sementes de amendoim.

As condições sob as quais as sementes estão armazenadas são fundamentais para a redução do processo de deterioração. Problemas relacionados ao armazenamento estão entre os mais comuns que entravam os programas de produção sementes nos países de clima tropical, pelas altas temperaturas e umidades relativas, que prevalecem durante a fase de armazenamento e afetam, de maneira direta e indireta as sementes, uma vez que devido às suas propriedades higroscópicas, a água está sempre em equilíbrio com a umidade relativa do ar.

Altos teores de água nas sementes, combinados com altas temperaturas, aceleram os processos naturais de degeneração dos sistemas biológicos, de maneira que, sob estas condições, as sementes perdem vigor rapidamente e, algum tempo depois, sua capacidade de germinação (Almeida et al., 1997). Dessa forma, o monitoramento da qualidade de sementes ao longo do tempo é fundamental para garantir a sua preservação e o sucesso de uma lavoura (Freitas et al., 2004; Oliveira, 2004).

O período de tempo em que um lote irá manter uma alta porcentagem de sementes viáveis, ou seja, o seu potencial de armazenamento dependerá de uma série de fatores como a umidade relativa, teor de água das sementes, temperatura do ar, ação de fungos e insetos de armazenamento, embalagens, etc. (Carvalho & Nakagawa, 2000). O conteúdo de água e a temperatura de armazenamento podem ser monitorados pelo processo de secagem e uso de ambiente de armazenamento com umidade e temperatura controladas por equipamentos.

Sabe-se que a melhor maneira de conservar sementes ortodoxas é o armazenamento em locais frios e secos. Contudo, as embalagens também desempenham função muito importante, pois, quando as sementes são conservadas em embalagens que permitem trocas de vapor d'água com a

atmosfera, podem absorver água, deteriorando-se com facilidade (Canepelle, 1994).

Existem diversos tipos de embalagem para a conservação das sementes, desde as porosas, semipermeáveis e as impermeáveis. A embalagem de sementes é importante não apenas para o transporte, armazenamento e comercialização, mas também para conservar a qualidade sob determinadas condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar (Popinigis, 1985). A decisão sobre o tipo de embalagem a ser usado depende das condições climáticas sob as quais as sementes vão permanecer armazenadas até a semeadura e das modalidades de comercialização das sementes em questão, características mecânicas e disponibilidade da embalagem (Carvalho & Nakagawa, 2000).

Para a conservação de sementes de mamona destinadas à comercialização, Queiroga & Beltrão (2004) recomendam armazená-las em sacos de papel multifoliado com capacidade para 30 kg, e estas com grau de umidade de 8 a 10%, por, no máximo, oito meses. No entanto, para a manutenção da qualidade das sementes de mamona por um período de tempo superior, seja para sementes comerciais ou para a conservação de material genético, várias técnicas têm sido utilizadas, dentre elas a conservação de sementes a temperaturas sub-zero e em atmosfera controlada.

O conteúdo de oxigênio disponível pode ser limitado pelo empacotamento a vácuo em embalagens impermeáveis seladas ou pela injeção de um gás livre de oxigênio (Camargo, 2003).

Objetivando verificar o efeito de atmosferas controladas na qualidade de sementes armazenadas de girassol e gergelim, Bass (1973) testaram substâncias como dióxido de carbono, nitrogênio, hélio, argônio e vácuo parcial de oxigênio. Pelos resultados encontrados observa-se vantagem significativa do uso dessas outras atmosferas em substituição ao ar natural para o armazenamento de sementes dessas espécies, sendo possível comprovar também a grande influencia

da temperatura ambiente e do teor de água das sementes sobre a taxa de deterioração, influenciando negativamente a viabilidade das sementes armazenadas a vácuo.

Embora o metabolismo possa ser reduzido por meio do controle de umidade e temperatura, espécies recalcitrantes geralmente permanecem metabolicamente ativas durante o armazenamento. Conseqüentemente, as sementes precisam de oxigênio para a respiração, não podendo ser armazenadas em uma atmosfera livre de oxigênio. Quando armazenadas com alto teor de água, a ventilação é obrigatória para evitar aquecimento da massa de sementes e anoxia, ou seja, a diminuição ou completa ausência de oxigênio (Tompsett, 1992).

A conservação de sementes em atmosfera modificada ainda não é recomendada para bancos de germoplasma visto que as conclusões de várias pesquisas são bastante questionáveis (Tao, 1992). Ao que parece, técnicas inadequadas de conservação, especialmente em relação ao teor de água das sementes, têm sido responsáveis por resultados insatisfatórios (Camargo, 2003).

O congelamento e armazenamento de sementes a temperatura muito baixa ( $-150$  a  $-196^{\circ}\text{C}$ ), tem como objetivo interromper o metabolismo celular o que ocasionará redução ou interrupção das reações metabólicas que podem levar à degeneração celular, permitindo a conservação de material biológico por muitos anos assegurando alta estabilidade genética e fisiológica, sendo considerada uma técnica promissora para a conservação, em longo prazo, de células, tecidos, sementes e órgãos vegetais, a partir dos quais plantas inteiras podem ser regeneradas (Eira & Reis, 2004).

A técnica de criopreservação proporciona uma preservação sem limites de tempo, com a redução do metabolismo a níveis tão baixos que todos os processos bioquímicos são reduzidos significativamente e a deterioração é quase que paralisada (Cunha, 2006). Vale ressaltar que os métodos tradicionais de

conservação apenas adiam a deterioração por um período de tempo determinado e específico de acordo com o material e a espécie em questão.

A utilização do nitrogênio líquido como um meio de armazenamento pressupõe que as sementes sobrevivam à exposição sem sofrer danos maiores à sua viabilidade, e para isso, o teor de água da semente é, provavelmente, o mais crítico fator para o sucesso da criopreservação, pois, se o teor de água da semente for muito alto, observa-se a sua morte durante o processo de congelamento e/ou descongelamento (Cunha, 1996).

De acordo com o Internacional Board for Plant Genetic Resources - IPBGR (1982), a criopreservação é uma técnica indicada para as espécies de propagação vegetativa, espécies com sementes recalcitrantes, germoplasmas raros ou mesmo espécies ameaçadas de extinção e espécies de plantas silvestres. Além disso, a conservação em nitrogênio líquido pode ser usada para espécies de importância agrônômica, como é o caso da mamona.

Almeida et al. (2002) constataram que o teor máximo de água para criopreservação de sementes de mamona se encontra entre 4 a 10% (b.u.), podendo estas serem criopreservadas, tanto no vapor (-150 a -176°C) como na imersão (-196°C) em nitrogênio líquido. Resultados semelhantes foram encontrados por Coelho (2006) em sementes de algodão.

Coelho (2006) observou ao fim da criopreservação de sementes de algodão, redução de aproximadamente  $\frac{1}{4}$  dos valores de germinação, obtidos no início do estudo, chegando de certa forma, a inviabilizar o armazenamento criogênico por períodos superiores há 120 dias. Em sementes de mamona, Almeida et al. (2002), observaram valores superiores na porcentagem de germinação aos 30 dias de armazenamento e posterior redução aos 60 dias de criopreservação. De maneira inversa, Batista (2000) obteve, para sementes de gergelim, maior porcentagem de germinação depois de 60 dias de imersão em nitrogênio líquido, em relação à porcentagem de germinação as sementes aos 5 e

30 dias de criopreservação. Esta variação de respostas em relação à qualidade de sementes criopreservadas também foi verificada por Medeiros et al. (2000) em ensaios com sementes de aroeira.

Diferenças na qualidade fisiológica em sementes oleaginosas criopreservadas têm sido atribuídas à sua composição química e/ou sensibilidade a danos físicos, uma vez que sementes com maior conteúdo de óleo parecem ser mais sensíveis à criopreservação. Entretanto, Iriondo et al. (1992) afirmam que não está claro a existência de uma correlação entre a sensibilidade das sementes com a criopreservação e seu conteúdo de óleo.

Quando se leva em consideração a preservação dos atributos da qualidade de sementes desde a colheita até a comercialização e plantio é de suma importância, tanto para empresas produtoras de sementes como para o produtor, o qual espera obter um estande uniforme e com plântulas saudáveis e vigorosas, o armazenamento adequado das sementes assume papel importante com destaque para sementes com baixa armazenabilidade. No caso específico das sementes de mamona, tem-se uma grande carência de estudos sobre os fatores que afetam sua conservação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Sementes, Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais. Foram utilizadas sementes de três cultivares de mamona (IAC-Guarani; IAC-80 e IAC-226), produzidas pela empresa Remy Comércio e Beneficiamento de Mamona Ltda., no estado do Paraná, safra 2008. Para cada cultivar, foi avaliado o perfil do lote por meio dos testes de germinação, emergência de plântulas e teor de água. Após avaliação da qualidade inicial as sementes das diferentes cultivares foram acondicionadas nas embalagens e submetidas às condições de armazenamento conforme especificado no Quadro 1.

QUADRO 1 Descrição das condições de armazenamento das sementes de mamona (*Ricinus communis* L.).

<b>Condições de armazenamento</b>	
Armazém convencional- embalagem de papel (trifoliada)	AC/Pa
Armazém convencional - embalagem de polietileno (1,5µm)	AC/PI
Armazém convencional - embalagem a vácuo (25µm)	AC/Vá
Câmara fria- embalagem de papel	CF/Pa
Câmara fria- embalagem de polietileno	CF/PI
Câmara fria- embalagem a vácuo	CF/Vá
Criopreservação (-196°C)	Crio

As sementes foram submetidas à homogeneização e armazenadas em armazém convencional (25°C) e em câmara fria e seca (10°C e 40%UR), nas diferentes embalagens: papel Kraft multifoliado e sacos de polietileno sem e com vácuo (pressão de 0,1 atm). Além disso, foram armazenadas em nitrogênio líquido (criopreservação a -196 °C), em sacos de papel aluminizado resultando assim em sete condições de armazenamento, para cada cultivar. Para caracterizar a época zero, as sementes foram submetidas a cada condição de armazenamento por três horas.

Para a criopreservação as sementes embaladas foram imersas diretamente em nitrogênio líquido. Após cada período de criopreservação, os recipientes contendo as sementes foram retirados do nitrogênio líquido e postos para descongelar sob temperatura ambiente por 24 horas.

Para as demais condições de armazenamento, após cada, as embalagens contendo as sementes foram deixadas a temperatura ambiente por 24 horas para equilibrar a umidade antes das determinações.

Além de ter sido determinado os perfis iniciais do lote das cultivares realizaram-se as seguintes avaliações, a zero, quatro, oito e 12 meses de armazenamento: grau de umidade; germinação aos sete e 14 dias, emergência em condição controlada, índice de velocidade de emergência, perfil sanitário, teor de óleo e perfis eletroforéticos de isoenzimas relacionadas à respiração e deterioração.

### **3.1 Determinação do grau de umidade das sementes**

O grau de umidade das sementes foi determinado pelo método de estufa a  $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$  por 24 horas (Brasil, 1992), utilizando-se duas repetições de 50 gramas de sementes de cada tratamento. Após esse período, as sementes foram levadas para dessecadores até o resfriamento das amostras e em seguida foi efetuado o peso seco. Os resultados foram expressos em porcentagem.

### **3.2 Teste de germinação**

Realizou-se o teste de germinação com oito repetições de 25 sementes por tratamento distribuídas uniformemente, tendo como substrato papel do tipo germitest, na forma de rolo, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes seu peso. Os rolos foram mantidos em germinador com temperatura regulada para  $25^{\circ}\text{C}$ . As contagens foram efetuadas aos sete (Germinação aos sete dias) e 14 dias após a sementeira (Brasil, 1992) e os resultados, expressos em

porcentagem de plântulas normais. Nas sementes remanescentes foi avaliada a viabilidade pelo teste de tetrazólio, onde estas foram imersas em solução de tetrazólio a 0,5% e mantidas no escuro em BOD, a 30°C, por 6 horas (Oliveira et al., 2006).

### **3.3 Emergência de plântulas em condições controladas**

Para a emergência utilizou-se quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Estas foram distribuídas em bandejas plásticas com dimensões de 60 x 40 x 10cm contendo 4kg de substrato areia + terra na proporção de 2:1, e com retenção de água do substrato regulado para 60%. As bandejas foram transferidas para câmara de crescimento regulada para 25°C. A emergência das plântulas foi avaliada aos 21 dias após a semeadura, considerando-se o número de plântulas emergidas e os resultados expressos em porcentagem. Para o cálculo do índice de velocidade de emergência, segundo Maguire (1962), realizou-se leituras diárias do número de plântulas com as folhas cotiledonares acima do solo.

### **3.4 Extração e determinação do teor de óleo**

Para a extração do óleo, foram utilizadas três repetições de 25g de sementes de mamona trituradas, por tratamento. O material triturado foi colocado em balão volumétrico (500mL) e acrescido 200mL do solvente hexano –  $H_3C(CH_2)CH_3$ . Os balões foram colocados em refluxo por 24 horas e posteriormente filtrou-se a solução a vácuo utilizando funil de Buchner. O filtrado foi concentrado em evaporador rotatório (Buchi R-114) sob pressão reduzida. O óleo obtido foi levado à estufa a 35°C por 24 horas para completa evaporação do solvente. O teor de óleo foi determinado pela relação gravimétrica percentual entre o óleo obtido e as sementes submetidas à extração (Baliza et al., 2004).

### **3.5 Teste de sanidade**

O teste de sanidade foi conduzido pelo método de incubação em papel de filtro sem congelamento (Neergaard, 1979). As sementes foram incubadas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro contendo duas folhas de papel de filtro umedecido com água + 2,4-D, sendo utilizadas 200 sementes de cada tratamento divididas em oito repetições. As placas foram mantidas em sala de incubação a 20°C e fotoperíodo de 12 horas, onde permaneceram por sete dias, para então serem avaliadas quanto à presença de patógenos.

### **3.6 Determinações enzimáticas**

Na execução de cada teste em intervalos de 0, 4, 8 e 12 meses de armazenamento, foram coletadas duas amostras de 50 sementes de cada tratamento e armazenadas à temperatura de -86°C.

Posteriormente, estas foram maceradas manualmente na presença do antioxidante PVP (Polivinilpirrolidona) e do nitrogênio líquido em almofariz e armazenadas à temperatura de -86°C.

Subamostras de 100mg do material macerado, foram acrescidas de 300µl de acetona 50% e centrifugadas a 14000 rpm por 30 minutos a 4°C.

Após o descarte do sobrenadante, adicionou-se 300µl do tampão de extração (Tris HCl 0,2M pH 8,0) e 0,1% de β-mercaptoetanol. O material foi colocado em geladeira por 12 horas e depois centrifugado a 14000 rpm por 30 minutos a 4°C. A eletroforese em géis de poliacrilamida foi desenvolvida em sistema descontínuo (7,5% gel de separação e 4,5% gel de concentração). O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi o Tris-glicina pH8.9. Para proceder a corrida eletroforética, foram aplicados na canaleta do gel 50µL do sobrenadante e a corrida realizada a 4°C, a 120V, por 6 horas. Ao término da corrida, os géis foram revelados para as enzimas esterase e catalase conforme Alfenas et al.(2006). Para as enzimas malato desidrogenase, álcool desidrogenase e

superóxido dismutase a extração e a revelação foram realizadas em presença de substrato específico para a enzima a ser revelada.

### **3.7 Procedimentos estatísticos**

Os resultados foram analisados segundo delineamento inteiramente casualizado, para cada cultivar. Realizaram-se análises da variância para todos os parâmetros analisados, exceto para a determinação das atividades isoenzimáticas e incidência de fungos. Os dados previamente submetidos aos testes de normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias, foram submetidos à análise de variância e as medias comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade e para o fator quantitativo (época) estudou-se regressão na análise da variância. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SISVAR® (Ferreira, 2000).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resumos das análises da variância dos dados obtidos nos testes para avaliar o efeito de diferentes condições e períodos de armazenamento, de sementes de mamona, cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, estão registrados nas Tabelas 1A, 2A e 3A, respectivamente.

Na caracterização inicial dos lotes para as cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, antes do armazenamento, observou-se porcentagem de germinação de 80, 95 e 75% respectivamente. Resultados estes, próximos aos observados após as sementes serem submetidas às 3 horas em cada condição de armazenamento, a exceção das sementes das cultivares IAC-80 e Guarani submetidas à criopreservação e para as sementes mantidas em armazém convencional também para a cv. IAC-80.

No caso das sementes submetidas à criopreservação, o aumento na porcentagem de plântulas normais pode está diretamente ao fato de a criopreservação facilitar a ruptura do tegumento, caracterizando assim a quebra de dormência tegumentar já relatada em sementes de mamona por Lago et al. (1979).

Dos cinco parâmetros avaliados, para a cv. IAC-80, apenas o teor de óleo não variou em função da condição e época de armazenamento. Para os outros parâmetros (germinação aos sete dias, germinação final, IVE e porcentagem de emergência) o efeito da condição de armazenamento variou em função da época de avaliação, da mesma forma como observado para a cv. IAC-226. Já para a cv. Guarani, apenas os resultados de porcentagem de germinação e de emergência das sementes nas diferentes condições de armazenamento foram dependentes da época de avaliação.

Os parâmetros relacionados com a velocidade de germinação e porcentagem de emergência variaram ao longo do armazenamento,

independentemente da condição em que estavam armazenadas. Variações na qualidade das sementes de mamona ao longo do armazenamento ocorrem frequentemente, conforme descrito por Lago et al. (1985), logo, tais resultados eram esperados, uma vez que cada cultivar apresenta características diferenciadas referentes a ponto de maturidade fisiológica, deiscência dos frutos e tamanho de sementes que podem influenciar diretamente os resultados referentes aos parâmetros avaliados.

Os dados referentes aos valores médios das temperaturas máximas (Tx), mínimas (Tn), e médias (Tm) e da umidade relativa (UR) nos meses correspondentes ao período de armazenamento das sementes de mamona estão registrados na Tabela 1.

TABELA 1 Valores médios das temperaturas máximas (Tx), mínimas (Tn), e médias (Tm) E da umidade relativa (UR) dos meses correspondentes ao período de armazenamento das sementes de mamona.

Meses	Tx (°C)	Tn (°C)	Tm (°C)	UR (%)
Setembro/2008	28,0	13,2	19,4	62
Outubro/2008	28,9	17,2	22,0	70
Novembro/2008	27,9	17,0	21,2	64
Dezembro/2008	27,0	17,6	21,3	80
Janeiro/2009	28,7	18,2	22,2	80
Fevereiro/2009	31,6	19,2	24,2	77
Março/2009	29,6	18,1	22,7	78
Abril/2009	27,5	15,8	20,4	75
Mai/2009	26,2	13,7	18,7	72
Junho/2009	23,9	17,0	16,2	75
Julho/2009	26,2	13,4	18,6	70
Agosto/2009	26,0	13,0	18,5	66
Setembro/2009	28,7	16,4	21,6	69

Fonte: Setor de Agrometeorologia do Departamento de Engenharia – UFLA

Dentre os vários fatores que afetam a conservação de sementes tem-se a umidade relativa do ar e a temperatura. As variações na umidade relativa do ar observadas durante os 12 meses de armazenamento, mesmo sendo sutis em números, quando interagindo com as alterações na temperatura, influenciaram diretamente na manutenção da qualidade das sementes mantidas em armazém convencional.

Isso é comprovado pela redução no teor de água das sementes, independente da cultivar, aos oito meses de armazenamento, nas sementes mantidas em armazém convencional.

A temperatura do ambiente variou de 16,2 a 24,2°C e a UR de 62 a 80%, não sendo observadas variações bruscas ou mesmo alterações nos valores médios anuais para a região. No entanto, não existe na literatura valores de referência para o armazenamento de sementes de mamona em armazém convencional, por isso, a importância de monitorar essas variações durante o período que as sementes foram armazenadas nas condições de Lavras.

#### **4.1 Determinação do grau de umidade**

As médias dos dados obtidos na determinação do grau de umidade das sementes armazenadas estão apresentadas na Tabela 2.

Independentemente do grau de umidade inicial, houve redução do grau de umidade das sementes nas épocas 4 e 8 para as sementes armazenadas em condições de ambiente nas embalagens de papel, plástico e vácuo, coincidentes com a elevação da temperatura e umidade relativa do ar.

As sementes, sendo higroscópicas, sofrem variações no seu teor de água de acordo com as condições do ambiente. Logo, quando estão em embalagens ou ambientes onde ocorra interação com a umidade relativa do ar, realizam trocas até que sua pressão de vapor e a temperatura tenham valores semelhantes, atingindo níveis de equilíbrio energético, hídrico e térmico.

TABELA 2 Médias em porcentagem do grau de umidade de sementes de mamona, cv. IAC-80, IAC-226 e Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-CF; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Cultivar	Ép.	Umidade (%)						
		AC/Pa	AC/PI	AC/Vá	CF/Pa	CF/PI	CF/Vá	Crio
IAC-80	0	7,8	7,7	7,7	7,8	7,6	7,8	7,4
	4	6,2	6,6	6,4	7,6	7,7	7,6	7,3
	8	5,5	5,7	5,9	7,7	7,6	7,8	7,2
	12	7,3	7,1	7,1	7,8	7,5	7,6	7,5
IAC-226	0	6,8	6,6	6,7	6,8	6,7	6,6	6,4
	4	5,3	5,6	5,5	7,2	7,3	7,1	7,3
	8	4,6	4,8	4,8	7,1	7,2	7,0	6,9
	12	6,0	6,2	6,1	7,3	7,3	7,2	7,1
Guarani	0	8,0	8,1	8,0	8,2	8,1	8,0	8,2
	4	7,9	8,0	8,1	8,0	8,3	8,2	8,3
	8	7,0	7,2	7,1	8,1	8,2	8,1	8,2
	12	7,8	7,7	7,9	8,3	8,3	8,0	8,1

Estas alterações não foram observadas no grau de umidade das sementes armazenadas em câmara fria e seca e nas condições de criopreservação. No entanto, houve variação no grau de umidade de equilíbrio higroscópico para as diferentes cultivares, que apresentaram média de 7,7% para a cv. IAC-80, de 6,6% para a cv. IAC-226 e de 8,1% para a cv. Guarani.

Almeida (1981), armazenando sementes de algodão sob diferentes condições controladas de temperatura e UR, por 150 dias, verificou que em todas as condições houve perda de germinação durante o período de armazenamento, e ainda, que para todas as faixas de umidade relativa estudadas, quanto menor a temperatura, menor a queda de germinação e vigor das sementes.

Em especial para o armazenamento a vácuo e criopreservação, o teor de água ideal das sementes de mamona ainda não está definido. Enquanto que para

Almeida et al. (2000) a porcentagem máxima não deve exceder 7%, para sementes criopreservadas, Lago et al. (1979) concluíram que as sementes de mamona podem seguramente armazenadas com 10% de umidade em condições controladas. No entanto, as melhores condições a serem usadas variam em relação à espécie e a cultivar. É necessário o controle de todos os fatores devido a sua interdependência, e a falha de um deles pode comprometer o armazenamento.

#### 4.2 Germinação aos sete dias

Os resultados da análise da germinação aos sete dias para as cultivares IAC-80 e IAC-226, encontram-se na Tabela 3.

TABELA 3 Porcentagem de plântulas normais aos sete dias germinação de sementes de mamona, para as cultivares IAC-80 e IAC-226, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses), para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Cultivar	Ép.	Condições de armazenamento						
		AC/Pa	AC/PI	AC/Vá	C.f./Pa	C.f./PI	C.f./Vá	Crio
IAC-80	0	30,0Bb	39,5Aa	35,5Aa	31,0Bb	38,0Aa	35,0Aa	24,0Cb
	4	39,0Ab	31,0Ac	25,5Ac	41,5Bb	27,0Ac	40,0Ab	57,0Ba
	8	47,5Ab	27,0Ac	34,0Ac	61,5Aa	32,5Ac	31,5Ac	55,0Ba
	12	12,0Cc	29,0Ab	28,0Ab	39,5Bb	29,0Ab	35,0Ab	68,0Aa
CV (%)		19,81						
IAC-226	0	50,5Ba	51,5Aa	48,5Ba	39,0Ba	41,5Aa	39,5Ba	47,0Ca
	4	42,5Bc	40,5Ac	43,5Bc	46,0Bc	57,0Ab	73,5Aa	62,0Bb
	8	63,0Ab	57,5Ab	73,5Aa	77,0Aa	56,5Ab	65,5Ab	79,0Aa
	12	55,0Aa	52,5Aa	60,5Aa	37,5Bb	53,5Aa	42,0Bb	43,5Cb
CV (%)		17,13						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

Para a cv. IAC-80, conforme os dados apresentados na tabela 3 observam-se variações na porcentagem de germinação aos sete dias a depender da condição de armazenamento. Aos 12 meses foi verificado que o armazenamento em nitrogênio líquido resultou em maior velocidade de germinação das sementes quando comparado com as demais condições. Ressalta-se que a criopreservação já apresentou benefícios na preservação das sementes a partir do quarto mês de armazenamento.

Pela análise dos resultados para a cv. IAC-226, na época zero não houve diferenças entre os dados de velocidade de germinação das sementes nas diferentes condições. Entretanto, a partir de quatro meses já foi possível observar diferenças entre os dados para as condições de armazenamento avaliadas.

Aos oito meses foi observada velocidade de germinação superior em relação às outras épocas de armazenamento para as sementes conservadas nas diferentes condições.

No entanto, quando se comparam as diferentes épocas e condições os resultados são muito variáveis. Esses resultados podem ser atribuídos à dificuldade de absorção de água pelas sementes, devido à espessura e rigidez do tegumento ou a uma possível dormência pós-colheita (Lago et al., 1979), representada pela dureza tegumentar.

A primeira contagem do teste de germinação tem como princípio que, as sementes submetidas aos tratamentos, que apresentarem maior porcentagem de plântulas normais, são mais vigorosas, sendo possível inferir indiretamente que este teste avalia a velocidade da germinação, uma vez que maior porcentagem de germinação implica que as sementes germinaram mais rápido (Nakagawa, 1999).

Aos sete dias de germinação para a cv. Guarani não houve diferença significativa no vigor das sementes submetidas às diferentes condições de

armazenamento, sendo esta diferença de vigor observada entre as épocas (Tabela 4). Observa-se a mesma tendência das cv. IAC-80 e IAC-226, onde a maior velocidade de germinação foi obtida aos oito meses, independentemente da condição de armazenamento das sementes.

TABELA 4 Porcentagem de plântulas normais aos sete dias da germinação de sementes de mamona, cultivar Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses).

Época	Plântulas normais (%)
0	29,5 b
4	34,0 a
8	38,0 a
12	26,0 b
CV(%)	26,8

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

Na Figura 1 encontram-se as curvas respostas das condições de armazenamento em função da época, para as cultivares IAC-80 e IAC-226.

Para a cv. IAC-80, aos quatro meses de armazenamento foi verificada tendência ao aumento da velocidade de germinação das sementes armazenadas em nitrogênio líquido e câmara fria e embalagem de papel. Essa tendência foi observada até os oito meses, para sementes acondicionadas em embalagem de papel e câmara fria e até os 12 meses para as sementes criopreservadas.

Não há dúvidas de que a condição de armazenamento em criopreservação favorece a conservação das sementes de mamona. No entanto, não existe na literatura trabalhos que comprovem os resultados encontrados neste estudo.

Almeida et al. (2002) trabalhando com sementes de mamona observaram redução da qualidade de sementes criopreservadas após 30 dias de armazenamento. Vale ressaltar que os resultados de Almeida et al. (2002) foram obtidos após armazenamento a curto prazo, ou seja 30 dias de criopreservação, e

com utilização da metodologia de congelamento lento, na qual a temperatura das sementes foi reduzida gradativamente, e descongelamento rápido, em banho Maria a 40°C, o que pode ter afetado os resultados, diferentemente das condições utilizadas neste estudo, no qual as sementes foram armazenadas a médio prazo, ou seja 12 meses, utilizando-se de metodologia de congelamento rápido, na qual as sementes foram imersas diretamente no nitrogênio líquido e descongelamento lento a 22°C por 24hs.

Stanwood & Bass (1981) afirmaram que o congelamento rápido tende a promover um resfriamento mais uniforme de água subcelular e o descongelamento lento evita danos aos tecidos e células das sementes. Tais resultados condizem com os encontrados por Runthala et al. (1993), para a amendoim, comprovando que o descongelamento rápido para espécies oleaginosas afeta negativamente a qualidade das sementes.

O estabelecimento de protocolos para criopreservação e regeneração de sementes é dependente da determinação do conteúdo de umidade, para cada material, e também do melhor método a ser utilizado para congelamento e descongelamento.

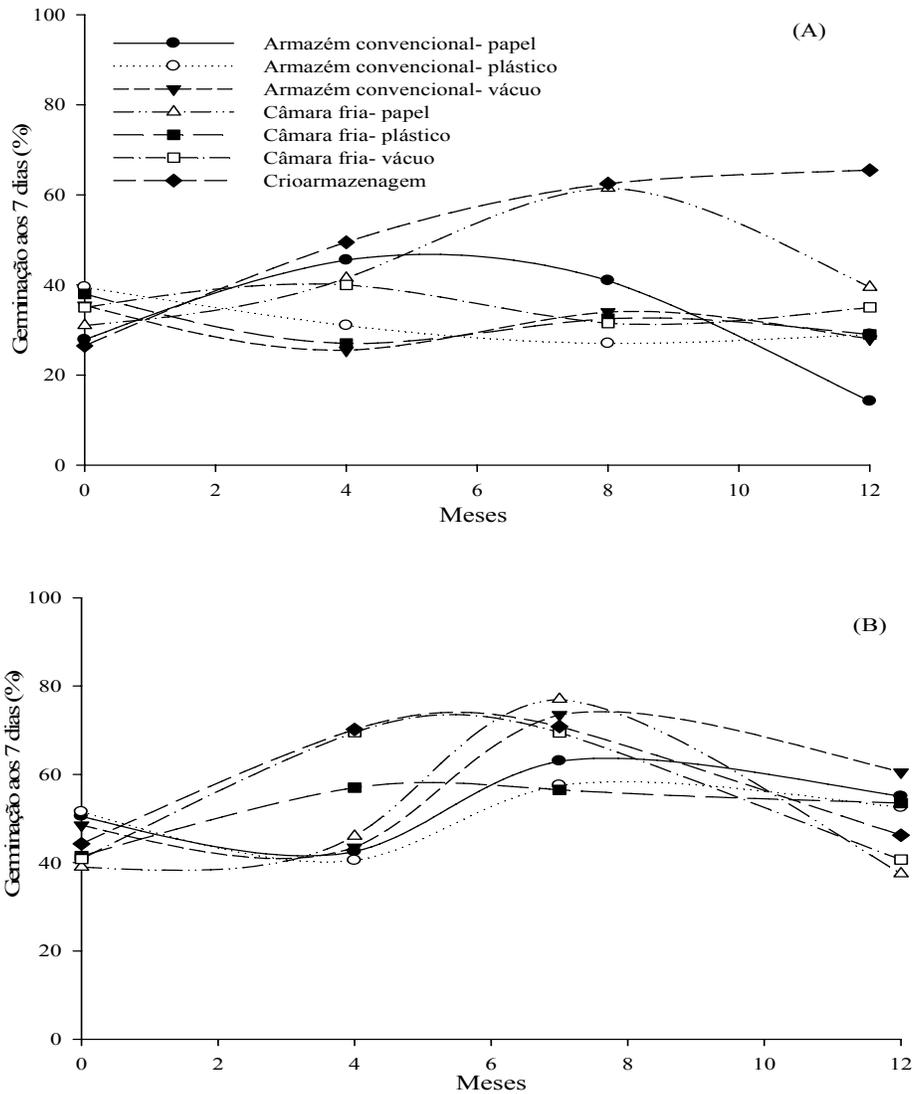


FIGURA 1 Plântulas normais aos sete dias de germinação de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A) e IAC-226 (B), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses), para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Crioarmazenagem-Crio).

É possível observar nas sementes da cv. IAC-226 uma oscilação na expressão do vigor das sementes até os oito meses de armazenamento e posterior redução do mesmo, para todos os tratamentos.

Para a cv. Guarani, do início do armazenamento até os quatro meses houve aumento significativo da germinação sem, contudo serem observadas diferenças nas épocas quatro e oito. Pode-se observar também redução significativa na época 12, entretanto esses valores não se diferenciaram dos observados no início do armazenamento (Figura 2).

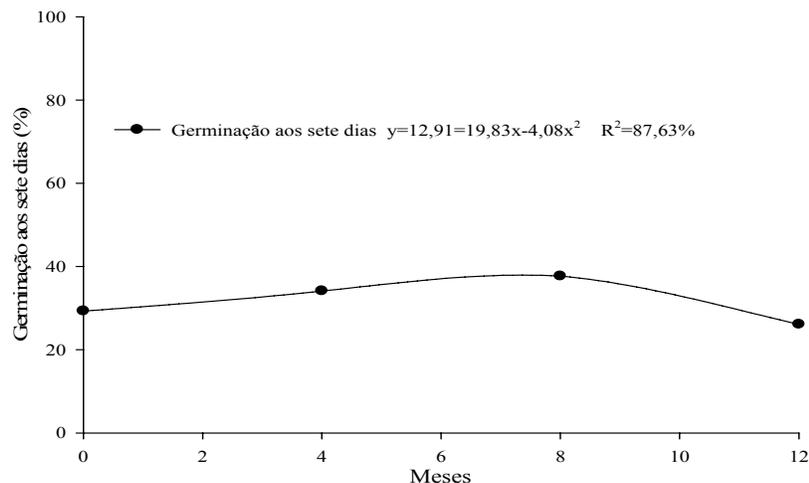


FIGURA 2 Plântulas normais aos sete dias da germinação de sementes de mamona cultivar Guarani em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses).

### 4.3 Teste de germinação

Os resultados da análise dos dados da porcentagem de germinação para as três cultivares testadas encontram-se na Tabela 5.

Para a cv. IAC-80, na época zero, observam-se valores significativamente superiores de germinação para as sementes armazenadas em nitrogênio líquido e câmara fria. Aos oito meses de armazenamento foi possível

observar que as sementes mantidas em câmara fria, seja em embalagem plástica ou a vácuo, apresentaram resultados inferiores de germinação mantidas nas demais condições de armazenamento. Esses resultados se repetiram aos 12 meses, onde foi possível observar redução de até 47 pontos percentuais na germinação para as sementes mantidas em câmara fria em relação às demais condições.

TABELA 5 Porcentagem de plântulas normais na germinação de sementes de mamona, cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Cultivar	Ép.	Condições de armazenamento						
		AC/Pa	AC/PI	AC/Vá	C.f./Pa	C.f./PL	C.f./Vá	Crio
IAC-80	0	71,0Ab	74,5Ab	76,5Ab	82,0Aa	80,0Aa	80,0Aa	84,0Aa
	4	75,0Ab	72,0Ab	75,0Ab	78,0Aa	66,0Bb	70,0Bb	85,0Aa
	8	78,0Ab	66,0Bb	72,0Ab	73,5Ab	57,0Cc	63,0Bc	85,0Aa
	12	51,5Bc	63,5Bc	69,5Ab	64,5Bb	44,0Dd	42,0Cd	85,0Aa
CV (%)		7,53						
IAC-226	0	97,5Aa	97,0Aa	97,0Aa	98,0Aa	97,0Aa	98,0Aa	98,0Aa
	4	94,5Aa	90,5Aa	94,0Aa	92,0Aa	91,5Aa	91,0Aa	96,5Aa
	8	78,5Bc	84,0Bb	91,5Aa	80,0Bc	63,0Bd	75,5Bc	96,5Aa
	12	56,5Cb	59,0Cb	65,5Bb	46,5Cc	62,0Bb	54,5Bb	97,0Aa
CV (%)		7,45						
Guarani	0	68,5Ac	77,0Ab	66,0Ac	64,5Ac	75,5Ab	74,0Ab	89,0Aa
	4	54,0Bb	50,0Bb	54,0Bb	51,5Bb	52,0Bb	52,5Bb	86,0Aa
	8	49,0Bb	36,0Cc	47,0Cb	43,0Cb	35,0Cc	43,0Cb	87,0Aa
	12	27,0Cc	31,0Cc	39,5Cb	36,5Cb	29,0Cc	23,0Dc	66,0Ba
CV (%)		11,79						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

A criarmazenagem foi eficiente na preservação da qualidade fisiológica das sementes da cv. IAC-80 ao longo do armazenamento, em relação às demais condições testadas. Tais resultados confirmam os encontrados por vários pesquisadores que trabalharam com sementes de olerícolas como Stanwood & Roos (1979) em sementes de pimenta e Bee & Barros (1999) com sementes de abóbora. Da mesma forma, Nogueira et al. (2009) recomenda a criopreservação para a conservação de eixos embrionários de mamona cv. Mirante-10 com alto teor de água.

Vale ressaltar ainda, que as sementes conservadas em nitrogênio líquido, mesmo após 12 meses de armazenamento, apresentaram valores de germinação superiores a 84%, valores estes próximos do padrão mínimo para a comercialização de sementes através da normativa nº 25 de 16 de dezembro de 2005 que estabelece 85% como a germinação mínima para sementes de mamona (Brasil, 2005), o que não ocorreu com as sementes conservadas em outros ambientes.

Para a cv. IAC-226 foi possível observar que até os quatro meses não houve diferenças significativas na germinação das sementes no armazenamento que apresentaram valores superiores a 90%, ressaltando a qualidade superior desse lote em relação ao da cv. IAC-80. No entanto, aos oito meses somente as sementes mantidas sob condições de armazém convencional em embalagem a vácuo e as mantidas em nitrogênio líquido mantiveram valores de germinação superiores a 90%. Não foram observadas perdas significativas na qualidade das sementes de mamona mantidas em nitrogênio líquido durante os 12 meses de armazenamento, confirmando os resultados encontrados por González Benito et al. (1998) em sementes de algodão e por Runthala et al. (1993) em embriões de amendoim. No entanto, Almeida et al. (2002) afirmaram que a criarmazenagem não foi eficiente na conservação de sementes de mamona das cv. Nordeste e

Pernambucana por 60 dias, entretanto, as sementes apresentavam germinação média de 75% no início do armazenamento.

Assim como ocorreu para a germinação aos sete dias, as sementes mantidas em criopreservação mantiveram a porcentagem de germinação ao final dos 12 meses de armazenamento muito próximos aos valores antes do armazenamento. Com isso é possível indicar a criopreservação como um método eficiente para a manutenção da qualidade de sementes de mamona da cultivar IAC-226, por um período de 12 meses de armazenamento, utilizando-se do congelamento rápido e descongelamento lento.

Para a porcentagem de germinação de sementes de mamona cv. Guarani armazenadas em nitrogênio líquido, o desempenho germinativo das sementes se manteve durante os 12 meses o que não ocorreu nas demais condições de armazenamento. Foi possível observar, também, redução na germinação das sementes criarmazenadas após oito meses; entretanto, estas ainda apresentaram germinação superior à das sementes mantidas nas demais condições testadas.

Na Figura 3 encontram-se as curvas respostas das condições de armazenamento, para a germinação, em função da época, para as cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani.

Para a cv. IAC-80, à exceção das sementes mantidas em armazém convencional em embalagem plástica, que apresentaram um incremento inicial e em seguida decréscimo da germinação, bem como a distribuição dos dados da criopreservação que apresentaram tendência linear constante, os dados referentes às demais condições apresentaram tendência linear decrescente em relação ao período de armazenamento. Tais resultados ressaltam a influência da condição de armazenamento na preservação da viabilidade de sementes de mamona como relatado por Lago et al. (1985) em estudos de conservação de mamona em armazém convencional pelo período de três anos.

A eficiência da criopreservação ocorreu provavelmente pelo rompimento do tegumento resultando na superação da dormência tegumentar na condição de baixa temperatura conforme verificado por Rocha et al. (2009) para sementes de algodoeiro das cultivares BRS-Verde, BRS-200-Marrom, 6M-Mocó e BRS-187-8H-Branco, que relacionam o aumento do percentual de germinação e o vigor das sementes de algodão, em razão da temperatura baixa promover a superação da dormência tegumentar das sementes. Esses resultados podem ser comprovados pela porcentagem de sementes duras encontradas ao final do teste de germinação (Tabela 5A). Enquanto o percentual de sementes duras aumentou em todas as condições de armazenamento, isso não ocorreu no caso da criopreservação.

Observa-se para a cv. IAC-226 uma tendência a redução na porcentagem de germinação nas sementes mantidas em armazém convencional e em câmara fria. No entanto, as sementes armazenadas em nitrogênio líquido apresentaram tendência linear constante durante o período de armazenamento. Pode-se observar também que houve redução mais acentuada na porcentagem de germinação a partir do oitavo mês de armazenamento, principalmente quando as sementes estavam armazenadas em condições de câmara fria e em ambiente e embalagem de papel.

Para as sementes da cv. Guarani houve tendência de redução da porcentagem de germinação das sementes mantidas nas diferentes condições a partir do quarto mês de armazenamento. No entanto, mesmo apresentando redução, o armazenamento em nitrogênio líquido ainda proporcionou germinação superior às demais condições. O aumento na germinação verificado aos quatro meses de armazenamento em relação à época inicial, para as sementes mantidas em nitrogênio líquido, ocorreu pela superação da dormência tegumentar o que pode ser observado pela redução de sementes duras (Tabela 7A).

Zaidan & Barbedo (2004) indicam temperaturas em torno de 10°C como um dos métodos eficientes para superação da dormência de espécies do gênero *Pyrus*, de sementes de aveia e videira. No entanto, esse efeito não foi observado em sementes de mamona, já que as sementes mantidas em câmara fria com temperatura média de 10°C não apresentaram resultados superiores às mantidas em armazém convencional, evidenciando assim que a dormência presente em sementes de mamona é tegumentar e que a imersão em nitrogênio líquido pode ser indicada como uma alternativa para superação dessa dormência.

As regras para análise de sementes (2009) recomendam um pré-esfriamento à temperatura de 5-10°C por um período de até sete dias para sementes de espécies como Girassol, Aveia e Alface como métodos para superação de dormência. A dormência nessas espécies é descrita como dormência fisiológica e não tegumentar como é o caso da mamona.

Ressalta-se ainda que, apesar da evidencia de que a criopreservação é eficiente como um método de superação da dormência tegumentar, não existe na literatura indicações de temperatura sub-zero como um método para superação da dormência em sementes de mamona.

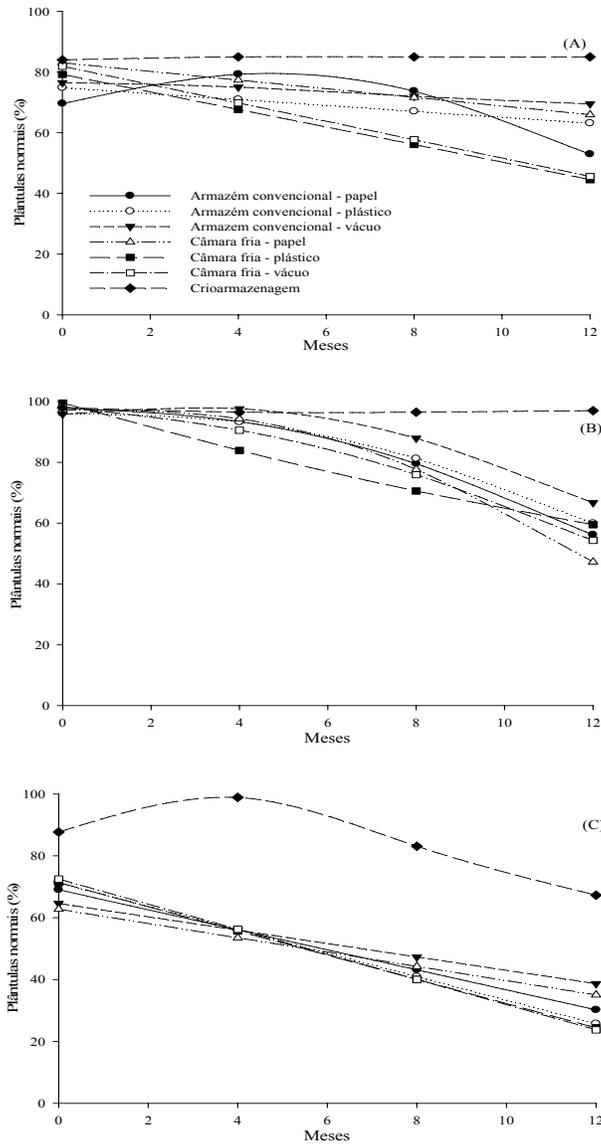


FIGURA 3 Plântulas normais na germinação de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A), IAC-226 (B) e Guarani (C), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses), para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

#### **4.4 Emergência de plântulas**

Os resultados da análise dos dados da porcentagem de emergência de plântulas para as três cultivares testadas encontram-se na tabela 6.

Para a cv. IAC-80 a crioarmazenagem foi eficiente na preservação da qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento em relação às demais condições testadas, confirmando os resultados encontrados no teste de germinação (Tabela 5).

Após os 12 meses de armazenamento, as sementes mantidas em câmara fria em embalagem a vácuo apresentaram porcentagem inferior de emergência de plântulas em relação às demais condições testadas. A utilização de embalagem à vácuo para a conservação de sementes vem sendo testada para espécies como milho doce (Camargo & Carvalho, 2008), soja (New, 1988), trigo (Miranda, 1997) e abóbora (Bee & Barros, 1999), e a eficiência obtida na conservação das sementes tem variado entre espécies e cultivares testadas.

Para a cv. IAC-226 observou-se valores significativamente superiores na emergência de plântulas mantidas em nitrogênio líquido no decorrer dos 12 meses quando comparado às demais condições de armazenamento. Para as sementes armazenadas em nitrogênio líquido, foi possível observar uma redução significativa na emergência de plântulas a partir do oitavo mês, no entanto, mesmo com essa redução, a crioarmazenagem ainda apresentou resultados superiores de emergência de plântulas quando comparada as demais condições testadas ao final dos 12 meses de armazenamento, o que ressalta mais uma vez a influência positiva da criopreservação na conservação sementes de mamona.

Analisando os dados referentes às sementes mantidas em armazém convencional, foi possível observar ao final dos 12 meses de armazenamento uma maior emergência de plântulas quando as sementes foram mantidas em embalagem a vácuo.

Para a cv. Guarani, confirmando os resultados encontrados no teste de germinação, foi observado também no teste de emergência de plântulas, um efeito significativo da condição de armazenamento, destacando a superioridade da crioarmazenagem durante os 12 meses. É possível notar que nesta condição, a emergência de plântulas foi superior a todas as demais condições testadas, reafirmando a influência da condição de armazenamento na manutenção da qualidade de sementes de mamona com o armazenamento.

Ao final dos 12 meses, as sementes mantidas em câmara fria em embalagem plástica com ou sem vácuo apresentaram valores inferiores chegando a menos que 20% de emergência de plântulas.

É provável que a pior qualidade fisiológica das sementes mantidas na câmara fria em embalagem plástica com ou sem vácuo tenha proporcionado condições mais favoráveis à infecção por fungos durante a condução do teste de emergência de plântulas, contribuindo para uma menor porcentagem de emergência de plântulas na contagem final. Para Tanaka et al. (2003) é importante observar que apesar da baixa temperatura ser favorável à conservação das sementes, como comprovado nesse trabalho pelo teste de germinação (Tabela 4), nesta condição a viabilidade de alguns fungos é favorecida.

TABELA 6 Resultados de emergência de plântulas de mamona, cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Cultivar	Ép.	Condições de armazenamento						Crio
		AC/Pa	AC/Pl	AC/Vá	C.f./Pa	C.f./Pl	C.f./Vá	
IAC-80	0	69,0Ac	74,0Ab	65,0Ac	67,0Ac	60,5Ad	67,0Ac	92,0Aa
	4	63,0Bb	62,0Bb	58,5Bc	54,0Bc	58,5Ac	61,0Bb	91,0Aa
	8	55,5Cb	52,0Cb	57,5Bb	45,0Cc	56,0Ab	53,5Cb	90,0Aa
	12	49,0Dc	41,0Dd	54,0Bb	40,5Cd	56,0Ab	33,0De	85,0Ba
CV (%)		6,09						
IAC-226	0	88,5Ab	89,5Ab	86,0Bb	89,0Ab	88,0Ab	85,5Bb	98,0Aa
	4	82,0Bc	90,0Ab	92,0Ab	90,5Ab	83,5Ab	92,0Ac	98,0Aa
	8	70,5Cd	85,0Ab	86,5Bb	84,0Bb	77,5Bc	88,0Bb	96,0Aa
	12	53,0Dd	64,5Bc	74,5Cb	51,0Cd	65,0Cc	49,0Cd	82,5Ba
CV (%)		4,52						
Guarani	0	49,5Ab	40,5Ac	41,0Ac	45,5Ab	45,5Ab	41,0Ac	86,0Aa
	4	46,5Ab	33,5Bd	39,5Ac	40,5Ac	30,0Bd	31,0Bd	84,0Aa
	8	43,5Ab	29,5Bd	37,0Ac	34,1Bc	22,0Cd	25,0Bd	80,5Aa
	12	28,5Bb	29,5Bb	34,5Ab	23,5Cc	17,0Cd	11,0Cd	67,0Ba
CV (%)		10,61						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

Na Figura 4 encontram-se as curvas respostas das condições de armazenamento, para porcentagem de emergência, em função da época, para as cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani.

Para cv. IAC-80, à exceção das sementes armazenadas em nitrogênio líquido, que apresentaram redução na porcentagem de emergência de plântulas somente a partir do oitavo mês de armazenamento, as sementes mantidas nas demais condições apresentaram tendência linear decrescente na emergência de

plântulas em relação ao período de armazenamento. Pode-se observar também que a condição de câmara fria em embalagem a vácuo foi a que apresentou maior declínio na porcentagem de emergência de plântulas ao final dos 12 meses de armazenamento quando comparada as demais condições de armazenamento testadas.

Analisando as curvas respostas de emergência de plântulas de mamona para a cv. IAC-226 é possível observar uma tendência de redução de emergência de plântulas para todas as condições a partir do quarto mês de armazenamento. No entanto, mesmo apresentando redução, as sementes mantidas em condições de crioarmazenagem ainda apresentaram emergência de plântulas superior às demais condições de armazenamento testadas.

Assim como nos resultados do teste de germinação, os dados referentes às sementes de mamona cv. Guarani apresentaram uma tendência a redução da porcentagem de emergência de plântulas em todas as condições de armazenamento a partir do quarto mês. As sementes crioarmazenadas mesmo seguindo a tendência das demais condições testadas ainda apresentaram emergência de plântulas superior às outras condições de armazenamento, da mesma forma que ocorreu para as cultivares IAC-80 e IAC-226.

De acordo com Kharta (1985) a crioarmazenagem tem sido um dos métodos de conservação *ex situ*, mais promissores, desde que se dê à devida atenção às características fisiológicas do material a ser conservado.

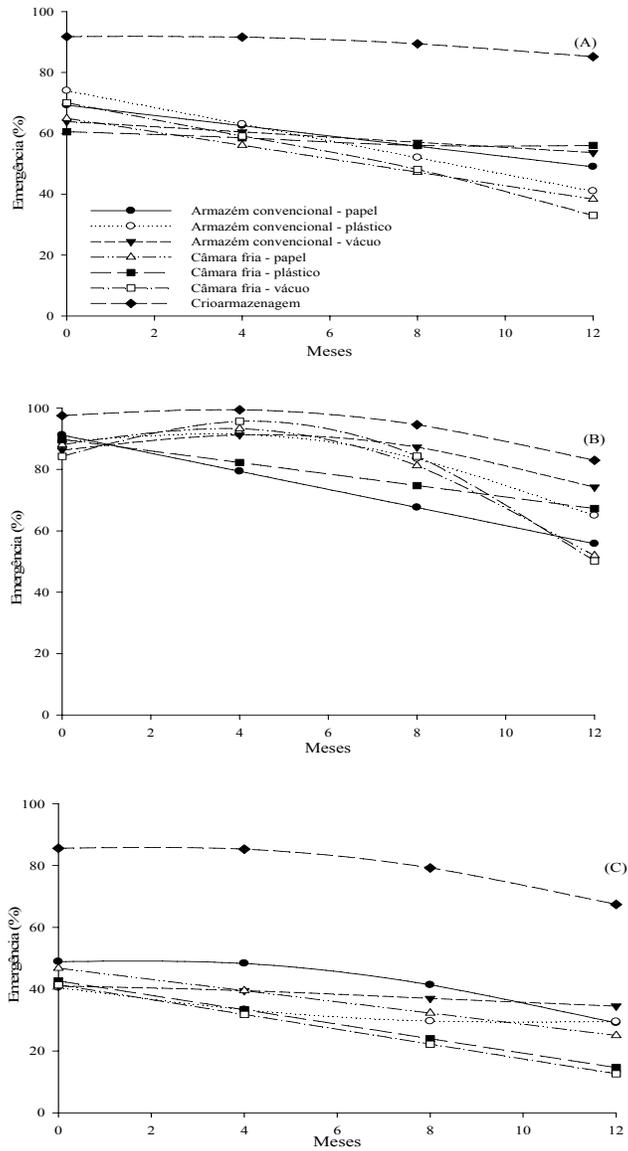


FIGURA 4 Porcentagem de emergência de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A), IAC-226 (B) e Guarani (C), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

#### **4.4 Índice de velocidade de emergência (IVE)**

Os resultados da análise da variância para o índice de velocidade de emergência para as cultivares IAC-80 e IAC-226, encontram-se na tabela 7.

Quanto ao IVE, para a cv. IAC-80 é possível verificar que as sementes mantidas em nitrogênio líquido apresentaram valores significativamente superiores às mantidas nas demais condições de armazenamento durante os 12 meses. Foi possível observar, também, que as sementes mantidas em câmara fria em embalagem a vácuo, ao final do armazenamento, apresentaram o pior desempenho.

Resultados semelhantes foram verificados para a cv. IAC-226. Foi possível observar valores superiores do IVE nas sementes mantidas em nitrogênio líquido, em relação às demais condições testadas, durante os 12 meses de armazenagem. Vale ressaltar que, mais uma vez, as sementes mantidas em câmara fria em embalagem a vácuo após 12 meses de armazenamento apresentaram redução no IVE, ou seja, redução do vigor, quando comparadas às demais condições testadas.

Não há dúvidas que a condição de armazenamento na câmara fria em embalagem a vácuo reduz a conservação de sementes de mamona. Camargo & Carvalho (2008) concluíram que a utilização de vácuo associado à baixa temperatura afeta negativamente a qualidade de sementes de milho doce, associado a um aumento da respiração anaeróbica das sementes comprovada pela alta atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH).

Resultados semelhantes, referentes à redução da conservação das sementes, na associação de baixa temperatura e restrição de oxigênio, também foram observados na avaliação da germinação e emergência das sementes de mamona das três cultivares testadas.

TABELA 7 Resultados de índice de velocidade de emergência de sementes de mamona, cultivares IAC-80 e IAC-226, em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Cultivar	Ép.	Condições de armazenamento						
		AC/Pa	AC/PI	AC/Vá	C.f./Pa	C.f./PI	C.f./Vá	Crio
IAC-80	0	2,61Ac	2,71Ac	3,23Ab	2,91Ac	3,33Ab	2,75Ac	4,95Aa
	4	2,44Ad	2,46Ad	2,79Bc	2,83Ac	3,23Ab	2,57Ad	4,43Ba
	8	2,31Bc	2,29Bc	2,52Bc	2,46Bc	3,08Ab	2,35Bc	4,07Ca
	12	2,09Bb	1,95Cb	1,92Cb	1,90Cb	1,82Bb	0,96Cc	3,11Da
CV (%)		7,59						
IAC-226	0	5,65Ab	5,51Ab	5,21Ab	5,37Ab	5,37Ab	5,35Ab	7,92Aa
	4	5,31Ab	5,28Ab	4,96Ab	5,05Ab	4,99Ab	5,13Ab	7,73Aa
	8	4,82Bb	4,72Bb	4,51Bb	4,73Bb	4,60Bb	4,44Bb	7,45Aa
	12	3,32Cb	3,26Cb	3,41Cb	3,31Cb	2,94Cb	1,60Cc	4,24Ba
CV (%)		5,91						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

Na Figura 5 estão apresentadas as curvas respostas das condições de armazenamento, para o índice de velocidade de emergência, em função da época, para as cultivares IAC-80 e IAC-226.

Mesmo apresentando tendência linear decrescente, as sementes da cv. IAC-80, mantidas em nitrogênio líquido apresentaram maior velocidade de emergência quando comparado as sementes armazenadas nas demais condições testadas.

Comportamento semelhante foi encontrado nas sementes da cv. IAC-226 que, exceto na criopreservação, em todas as condições de armazenamento testadas apresentaram tendência à redução da velocidade de emergência a partir do quarto mês de armazenamento. Mesmo apresentando resultados superiores as

outras condições testadas, as sementes mantidas em nitrogênio líquido somente tiveram uma redução acentuada a partir do oitavo mês de armazenamento. Para as sementes mantidas em condição de câmara fria em embalagem a vácuo, foi verificada uma drástica redução da velocidade de emergência aos 12 meses.

Comprovando a influencia negativa da condição de câmara fria em sementes de mamona, Fanan et al. (2009), trabalhando com sementes de mamona cv. IAC-2028 mantiveram satisfatoriamente a qualidade fisiológica das sementes, durante 12 meses de armazenamento, quando mantidas em sacos de papel Kraft, embalagem permeável a trocas gasosas e à água, em armazém convencional, apresentando porcentagem média de sementes vivas superior a 90% durante os 12 meses, indicando que as condições de armazenamento não foram prejudiciais à qualidade das sementes, pois, de acordo com Marcos Filho (2005), a ação conjunta de altas umidades relativas do ar e temperaturas acelera o processo de deterioração de sementes ortodoxas como a mamona, reduzindo-lhes a longevidade.

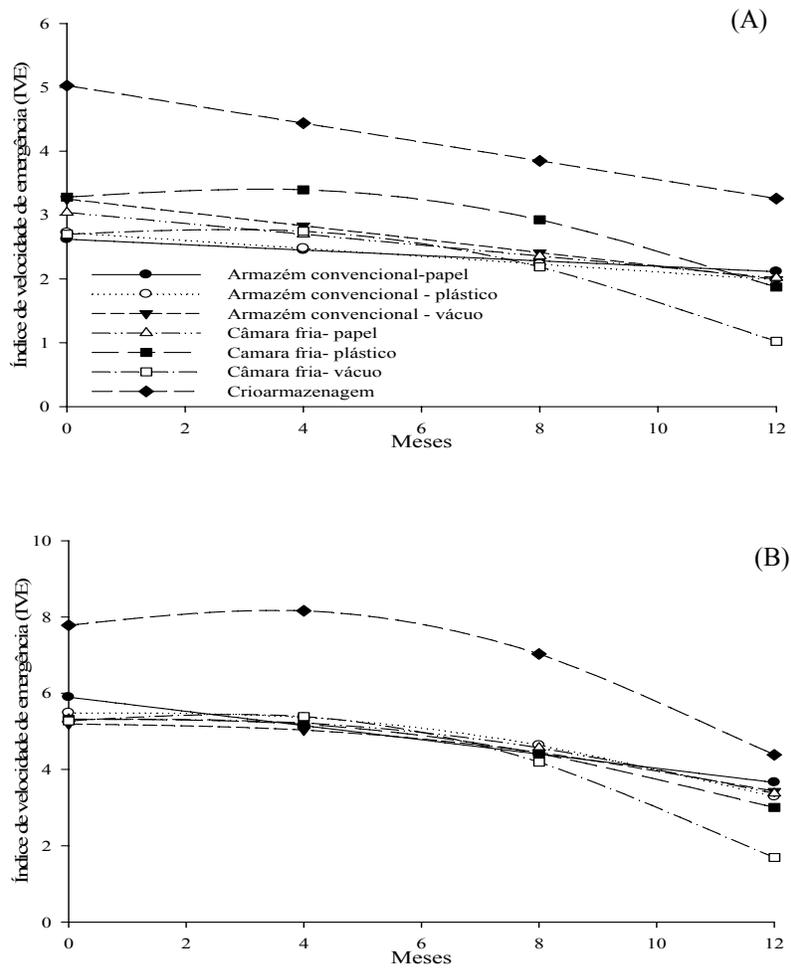


FIGURA 5 Índice de velocidade de emergência de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A) e IAC-226 (B), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

De forma diferenciada das outras cultivares, o índice de velocidade de emergência para a cv. Guarani nas diferentes épocas não variou em função da condição de armazenamento havendo efeito isolado dessas duas variáveis. Pela tabela 8 é possível verificar que as sementes mantidas em nitrogênio líquido apresentaram valores de IVE superiores às demais condições. Já as sementes mantidas em armazém convencional em embalagem plástica e as mantidas em câmara fria em condição de vácuo, apresentaram os menores índices de velocidade de emergência.

TABELA 8 Resultados de índice de velocidade de emergência de sementes de mamona, cultivar Guarani, para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Condição de armazenamento	IVE
Armazém convencional- papel	1,88c
Armazém convencional – plástico	1,63d
Armazém convencional – vácuo	2,08b
Câmara fria- papel	2,17b
Câmara fria- plástico	2,07b
Câmara fria- vácuo	1,55d
Criopreservação	2,85 <sup>a</sup>
CV(%)	12,86

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

Os dados referentes às sementes de mamona da cv. Guarani apresentaram tendência linear decrescente em relação ao índice de velocidade de emergência durante os 12 meses de armazenamento.

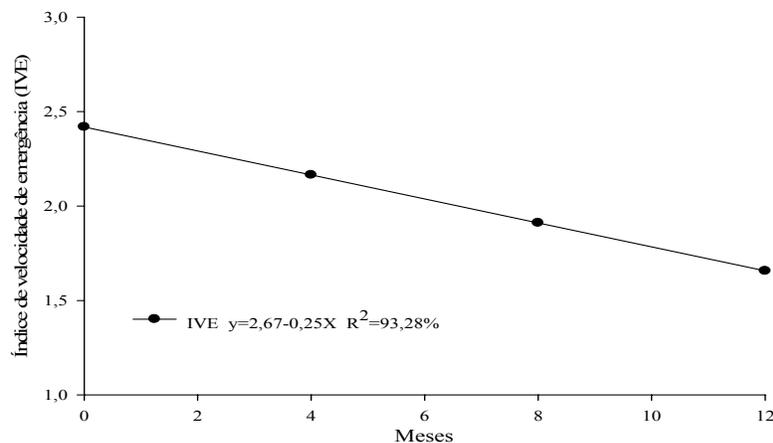


FIGURA 6 Índice de velocidade de emergência de sementes de mamona cultivar Guarani em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses).

#### 4.5 Teor de óleo

O teor de óleo das sementes de mamona das cultivares IAC-80 e Guarani nas diferentes épocas não variou em função da condição de armazenamento havendo efeito isolado dessas duas variáveis. Pela tabela 9 é possível verificar que as sementes mantidas em nitrogênio líquido apresentaram teor de óleo inferior ao das sementes mantidas nas demais condições de armazenamento testadas. Como essa variação não foi dependente da época de armazenamento, pode-se supor que as condições de armazenamento afetem de algum modo a extração do óleo.

A formação do óleo na semente tem início entre 20 e 70 dias após a fertilização sendo a temperatura o fator ambiental mais importante, apesar de a época da colheita e as práticas culturais também interferirem. A colheita de frutos imaturos, associada à temperatura acima de 35 °C, e a falta de água no florescimento afetam negativamente o teor de óleo (Weiss, 1983; Koutroubas et al., 2000). Koutroubas et al. (2000) salientam que as condições de

armazenamento das sementes interferem decisivamente no teor de óleo, especialmente temperatura e a umidade relativa do ar.

TABELA 9 Resultados de teor de óleo de sementes de mamona, cultivar IAC-80 e Guarani, para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem à vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Cultivar	Condição de armazenamento	Teor de óleo (%)
IAC-80	Ambiente- papel	38,08 b
	Ambiente- plástico	38,54 b
	Ambiente- vácuo	37,55 b
	Câmara fria- papel	39,24 b
	Câmara fria- plástico	41,63 a
	Câmara fria- vácuo	38,23 b
	Criopreservação	31,33 c
CV(%)		5,41
Guarani	Ambiente- papel	39,01 a
	Ambiente- plástico	38,34 a
	Ambiente- vácuo	38,64 a
	Câmara fria- papel	39,10 a
	Câmara fria- plástico	38,53 a
	Câmara fria- vácuo	38,86 a
	Criopreservação	30,00 b
CV(%)		4,01

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

Foi possível observar apenas uma tendência à redução do teor de óleo nas sementes de mamona, tanto para a cv. IAC-80 como para a cv. Guarani ao final do período de armazenamento. No entanto, nas sementes da cv. IAC-80 esta redução teve início a partir do quarto mês de armazenamento, diferentemente das sementes da cv. Guarani que apresentaram tendência linear decrescente no teor de óleo durante os 12 meses de armazenamento (Figura 7).

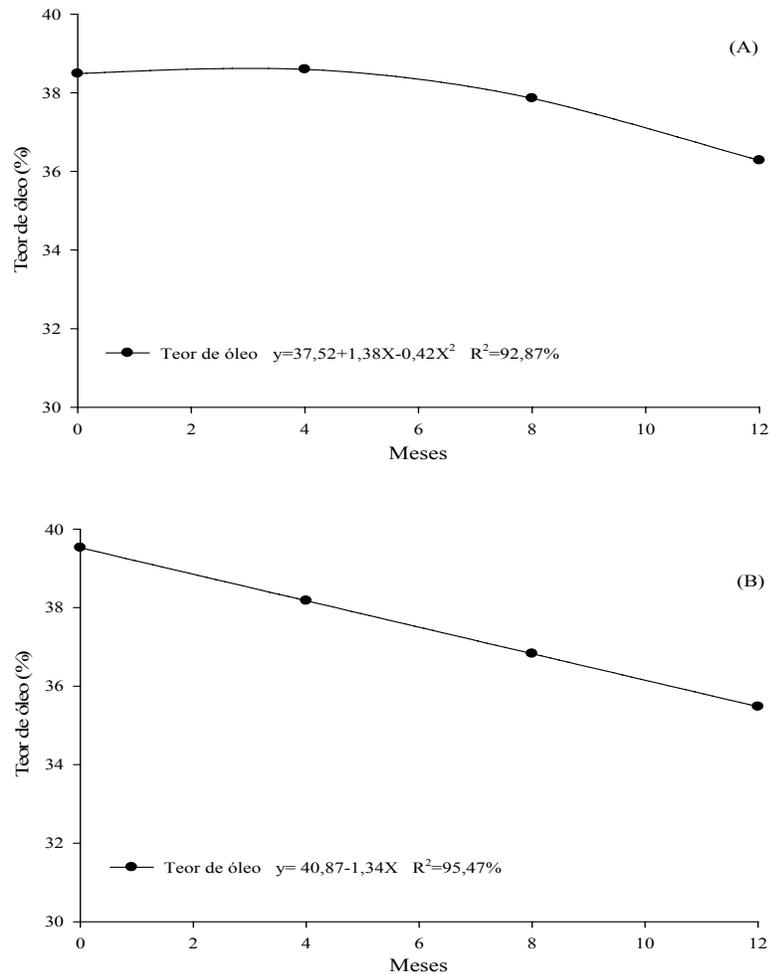


FIGURA 7 Resultados de teor de óleo de sementes de mamona, cultivares IAC-80 (A) e Guarani (B), em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses).

De forma diferenciada das outras duas cultivares, o teor de óleo das sementes para a cv. IAC-226 apresentou variações nas diferentes épocas em função da condição de armazenamento (Tabela 10). De um modo geral, com exceção das sementes acondicionadas em papel, o teor de óleo foi

significativamente reduzido em seu teor inicial em relação ao teor de óleo aos 12 meses de armazenamento

Foram observados teores de óleo entre 31 e 43% nas sementes de mamona da cv. IAC-226, resultados inferiores ao padrão comercial que é de 45% (Vieira et al., 1998).

TABELA 10 Resultados de teor de óleo de sementes de mamona cultivar IAC-226 em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-PI; embalagem a vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

Época	Condições de armazenamento						
	AC/Pa	AC/PI	AC/Vá	C.f./Pa	C.f./PI	C.f./Vá	Crio
0	37,82Ab	43,81Aa	38,09Ab	36,88Ab	37,79Ab	36,49Ab	35,50Ab
4	35,45Bb	38,09Ba	35,68Bb	36,32Ab	35,38Bb	36,37Ab	37,40Aa
8	35,21Bb	37,11Ba	35,31Bb	35,35Ab	34,28Bb	35,07Ab	36,75Aa
12	33,79Ba	35,46Ca	32,36Cb	35,04Aa	32,61Cb	31,79Bb	34,72Ba
CV(%)	3,22						

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scoot-Knott e teste de F, a 5%.

Durante os 12 meses de armazenamento observou-se redução do teor de óleo das sementes em todas as condições de armazenamento testadas. Resultados divergentes foram encontrados por Lago et al. (1985), em sementes de mamona das cultivares Campinas e Guarani armazenadas com e sem casca e mantidas em armazém convencional por 36 meses, os quais relataram a manutenção do teor de óleo durante o período de armazenamento. No entanto, no mesmo trabalho, os autores ressaltaram diferenças marcantes quanto ao teor de ácidos graxos livres associando o alto teor de ácido graxos a hidrólise intensa dos triglicerídeos, resultante da ação de lípases que ocorrem em concentração muito alta em sementes de mamona como relatado por Davies et al. (1969).

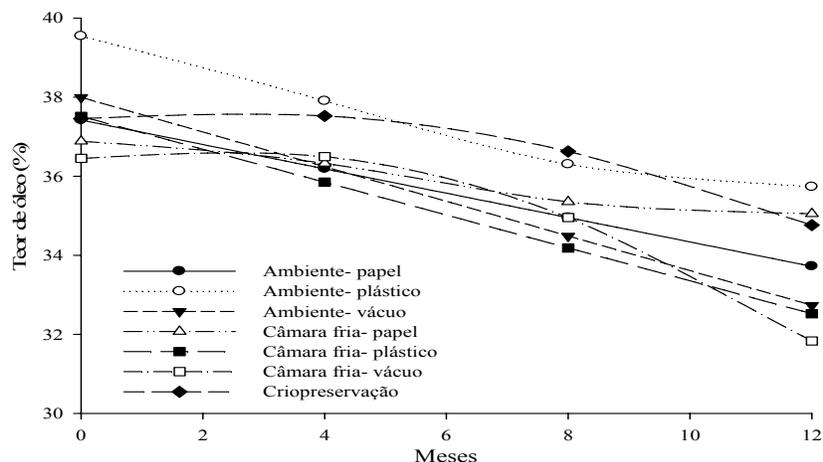


FIGURA 8 Resultados de teor de óleo de sementes de mamona cultivar IAC-226 em função da época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) para as condições de armazenamento (Armazém convencional-AC; Câmara fria-C.F.; embalagem de papel-Pa; embalagem plástica-Pl; embalagem a vácuo-Vá e Criopreservação-Crio).

#### 4.6 Teste de sanidade

Dentre os fungos observados no teste de sanidade em sementes de mamona para as cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani, armazenadas nas diferentes condições, Tabelas 11, 12 e 13 respectivamente, houve maior ocorrência do fungo de armazenamento *Aspergillus* spp. e do fungo *Fusarium* spp. Vale ressaltar que todas as condições de armazenamento das sementes apresentaram a mesma tendência dentro de cada época de armazenamento para as três cultivares testadas.

Analisando os dados referentes à incidência de fungos na cv. IAC-80 (Tabela 11) verifica-se que para os fungos de armazenamento (*Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.) maior incidência da espécie *Aspergillus flavus*, resultados semelhantes aos obtidos por Souza (2007) com cinco lotes de sementes de mamona da cultivar AL Guarany 2002 ; e os de Goulart (2007) em sementes de

soja, o qual afirma também ser esta espécie de fungo a que ocorre com maior frequência em lotes de sementes de mamona.

TABELA 11 Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de mamona cultivar IAC-80 em função da condição de armazenamento, antes do armazenamento e aos 4, 8 e 12 meses.

Época	Condição	Fungo*(%)						
		AF	AO	AN	AC	PE	FU	PH
0	Ambiente-Papel	42	37	5	0	15	36	0
	Ambiente- Plástico	58	38	8	0	13	37	0
	Ambiente- Vácuo	54	38	5	0	14	26	0
	Câmara fria- Papel	57	37	4	0	10	36	1
	Câmara fria- Plástico	56	52	9	0	18	35	0
	Câmara fria- Vácuo	58	36	8	0	11	33	0
	Criopreservação	49	10	6	0	14	48	0
4	Ambiente-Papel	51	41	8	0	17	29	0
	Ambiente- Plástico	52	37	10	0	15	31	0
	Ambiente- Vácuo	58	35	9	0	16	34	2
	Câmara fria- Papel	61	35	7	0	14	30	0
	Câmara fria- Plástico	53	39	11	0	18	26	1
	Câmara fria- Vácuo	63	41	13	0	19	29	0
	Criopreservação	51	29	12	0	14	35	0
8	Ambiente-Papel	48	42	20	0	16	31	0
	Ambiente- Plástico	53	41	18	0	18	30	0
	Ambiente- Vácuo	61	38	18	0	17	24	2
	Câmara fria- Papel	62	34	15	0	15	29	0
	Câmara fria- Plástico	60	37	14	1	14	24	0
	Câmara fria- Vácuo	64	45	17	0	19	21	1
	Criopreservação	53	34	17	0	15	32	0
12	Ambiente-Papel	58	45	22	0	16	26	0
	Ambiente- Plástico	62	49	19	1	14	24	0
	Ambiente- Vácuo	61	44	23	3	17	27	0
	Câmara fria- Papel	59	42	18	2	18	22	0
	Câmara fria- Plástico	54	46	16	0	12	20	0
	Câmara fria- Vácuo	53	44	17	1	16	23	0
	Criopreservação	52	41	19	2	15	25	0

\*AF- *Aspergillus flavus*; AO- *Aspergillus ochraceus*; AN- *Aspergillus niger*; AC- *Aspergillus candidus*; PE- *Penicillium* spp. ; FU- *Fusarium* spp; PH- *Phoma* spp.

As espécies de *Aspergillus* ssp. estão associados às condições ambientais durante o período de armazenamento e às características das sementes, especialmente o estado físico, teor de água e inóculo inicial, que regulam a atividade desses fungos.

Marcos Filho (2005) relata que essas espécies depreciam a qualidade das sementes, pois são capazes de invadir e degradar os tecidos embrionários, uma vez que produzem toxinas que reduzem a capacidade germinativa, descoloração, apodrecimento e aquecimento da massa de sementes, características essas favoráveis ao aumento da velocidade de deterioração (Tanaka & Correia, 1982; Agarwal & Sinclair, 1987; Machado, 1988; Lucca-Filho, 1995; Menten et al., 2005; Torres & Bringel, 2005; Goulart, 2007).

TABELA 12 Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de mamona cultivar IAC-226 em função da condição de armazenamento, antes do armazenamento e aos 4, 8 e 12 meses.

Época	Condição de armazenamento	Fungo*(%)						
		AF	AO	AN	AC	PE	FU	PH
0	Ambiente-Papel	22	27	5	0	9	26	0
	Ambiente- Plástico	21	23	8	0	7	25	0
	Ambiente- Vácuo	25	23	5	0	8	20	0
	Câmara fria- Papel	29	27	4	0	9	21	3
	Câmara fria- Plástico	21	32	9	0	11	27	0
	Câmara fria- Vácuo	27	21	8	0	10	24	4
	Criopreservação	19	12	6	0	7	19	0
4	Ambiente-Papel	29	31	8	0	17	23	0
	Ambiente- Plástico	22	34	10	0	15	16	2
	Ambiente- Vácuo	28	27	9	0	19	14	2
	Câmara fria- Papel	26	26	7	0	14	21	0
	Câmara fria- Plástico	23	27	11	0	18	15	3
	Câmara fria- Vácuo	26	29	13	0	19	17	0
	Criopreservação	21	21	12	0	12	15	0

“Continua...”

TABELA 12 “Cont.”

Época	Condição de armazenamento	Fungo*(%)						
		AF	AO	AN	AC	PE	FU	PH
8	Ambiente-Papel	34	34	20	0	14	18	0
	Ambiente- Plástico	33	39	18	3	16	13	1
	Ambiente- Vácuo	31	37	18	0	15	14	0
	Câmara fria- Papel	32	26	15	0	19	12	0
	Câmara fria- Plástico	30	28	14	1	17	14	0
	Câmara fria- Vácuo	32	29	17	2	13	13	2
	Criopreservação	33	31	17	1	12	11	0
12	Ambiente-Papel	35	35	12	0	17	15	0
	Ambiente- Plástico	36	39	9	0	15	14	0
	Ambiente- Vácuo	36	37	13	1	19	12	0
	Câmara fria- Papel	35	35	12	0	15	10	0
	Câmara fria- Plástico	34	41	6	0	19	13	0
	Câmara fria- Vácuo	33	37	9	0	15	11	0
	Criopreservação	35	34	11	0	19	05	0

\*AF- *Aspergillus flavus*; AO- *Aspergillus ochraceus*; AN- *Aspergillus niger*; AC- *Aspergillus candidus*; PE- *Penicillium* spp. ; FU- *Fusarium* spp; PH- *Phoma* spp.

Analisando os dados referentes à cv. IAC-226 (Tabela 12), foi possível verificar que, assim como na cv. IAC-80 os fungos com maior incidência foram os classificados como de armazenamento *Aspergillus* spp e *Penicillium* spp, com destaque para as espécies *Aspergillus flavus* e *Aspergillus ochraceus*.

Houve aumento na incidência do fungo *Penicillium* spp durante o armazenamento. O controle desse patógeno é importante, uma vez que é comum sua invasão nas sementes após a colheita, principalmente quando esta for retardada ou o início da secagem for moroso. Todo esse evento pode resultar em redução de germinação das sementes e emergência de plântulas no campo (Goulart, 2005; Marcos Filho, 2005).

Em sementes de mamoneira existe uma diversidade de fungos presentes que podem ser, muitas vezes, transmissores de muitas doenças de importância econômica para a cultura. Entre elas destacam-se o Mofo Cinzento (*Amphobotris ricini*), a Murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp.

*ricini*), o Tombamento (*Rhizoctonia solani*) e a Mancha-de-Alternária (*Alternaria ricini*) (Lima et al., 2001; Oliveira, 2004; Savy Filho, 2005).

Nas sementes a cv. Guarani (Tabela 13), além do aumento dos fungos de armazenamento, foi possível observar também alta incidência do fungo *Fusarium oxysporum f. sp. ricini* em todas as condições de armazenamento. Em ensaio realizado por Zanata et al. (2004) com o intuito de avaliar a qualidade e quantidade de fungos associados às sementes de seis cultivares de mamoneira percebeu-se alta incidência de *Fusarium spp.* em todas as cultivares, variando de 78,5% a 96,5%.

Vale salientar que, durante o armazenamento não houve diferenças marcantes na incidência de *Fusarium oxysporum f. sp. ricini* entre as condições de armazenamento. No entanto, mesmo com alta incidência desse fungo, somente a criopreservação apresentou germinação significativamente superior às demais condições de armazenamento de sementes testadas.

TABELA 13 Valores médios percentuais da incidência de fungos encontrados em sementes de mamona cultivar Guarani em função da condição de armazenamento, antes do armazenamento e aos 4, 8 e 12 meses.

Época	Condição	Fungo*(%)						
		AF	AO	AN	AC	PE	FU	PH
0	Ambiente-Papel	36	45	5	0	16	65	0
	Ambiente- Plástico	37	49	8	0	18	63	6
	Ambiente- Vácuo	26	44	5	0	17	62	0
	Câmara fria- Papel	36	42	4	0	15	68	4
	Câmara fria- Plástico	35	46	9	0	14	65	0
	Câmara fria- Vácuo	33	44	8	0	19	62	3
	Criopreservação	48	41	6	0	15	63	0
4	Ambiente-Papel	29	43	5	0	20	71	0
	Ambiente- Plástico	31	42	8	0	19	74	3
	Ambiente- Vácuo	34	40	5	0	21	73	1
	Câmara fria- Papel	30	47	4	1	17	76	0
	Câmara fria- Plástico	26	46	9	0	18	71	0
	Câmara fria- Vácuo	29	45	8	1	20	78	3
	Criopreservação	35	42	6	0	17	72	0

“Continua...”

TABELA 13 “Cont.”

Época	Condição	Fungo*(%)						
		AF	AO	AN	AC	PE	FU	PH
8	Ambiente-Papel	31	51	11	0	22	78	0
	Ambiente- Plástico	30	50	10	7	21	76	0
	Ambiente- Vácuo	24	49	15	3	24	82	5
	Câmara fria- Papel	29	47	14	0	27	90	0
	Câmara fria- Plástico	24	45	11	4	25	83	4
	Câmara fria- Vácuo	21	46	9	2	29	75	0
	Criopreservação	32	44	8	0	22	74	0
12	Ambiente-Papel	26	53	15	0	27	92	0
	Ambiente- Plástico	24	50	19	6	28	89	0
	Ambiente- Vácuo	27	58	14	3	31	86	0
	Câmara fria- Papel	22	61	16	8	29	91	0
	Câmara fria- Plástico	20	54	14	0	30	90	0
	Câmara fria- Vácuo	23	51	12	5	26	85	0
	Criopreservação	25	46	14	3	28	87	0

\*AF- *Aspergillus flavus*; AO- *Aspergillus ochraceus*; AN- *Aspergillus niger*; AC- *Aspergillus candidus*; PE- *Penicillium* spp. ; FU- *Fusarium* spp; PH- *Phoma* spp.

Segundo Brasil (2007) em campos de produção de sementes de mamona no Brasil é proibida a presença de uma única planta com sintomas dos fungos *Fusarium oxysporum* f. sp. *ricini* e *Botrytis ricini*. No entanto não existe padrão para detecção dessa espécie em sementes.

Dhingra (1985) afirma que fungos de armazenamento são os principais responsáveis pela perda da viabilidade e do vigor de sementes armazenadas. No entanto, para as três cultivares de mamona testadas não se observou relação direta entre a incidência dos fungos de armazenamento (*Aspergillus* spp e *Penicillium* spp.) com a qualidade fisiológica das sementes. Resultados semelhantes foram obtidos por Patricio et al. (1991) que verificaram, também, uma elevada incidência de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. em sementes de soja armazenadas, não sendo encontrada, no entanto, correlação entre esses fatores.

Com relação à predominância dos microrganismos foi possível observar que, tanto para a cv. IAC-80 como para a IAC-226, observaram-se maiores incidências de *Aspergillus*, com destaque para as espécies *Aspergillus flavus* e *Aspergillus ochraceus*, com aumento na incidência desses fungos no decorrer dos 12 meses independente da condição de armazenamento das sementes destas cultivares.

A cv. Guarani apresentou elevados índices de *Fusarium oxysporum f. sp. ricini*, durante o armazenamento chegando a uma incidência média de 88,5% ao final dos 12 meses para as condições testadas, resultados estes que comprovam o afirmado por Banzatto et al.(1977), que no lançamento da cv. já destacavam a suscetibilidade da Guarani ao fungo *Fusarium oxysporum f. sp. ricini*.

A alta incidência desse fungo na cv. Guarani esta relacionada diretamente com a redução na porcentagem de germinação durante o armazenamento, uma vez que, mesmo as sementes mantidas em nitrogênio líquido apresentaram redução na germinação a partir do quarto mês de armazenamento.

#### **4.7 Análise das atividades enzimáticas**

Para a cv. IAC-80 houve um aumento na atividade da SOD nas sementes criopreservadas no decorrer do armazenamento (Figura 9a). Quando se tem dano oxidativo nas membranas há a formação de ligações cruzadas entre proteínas e fosfolipídios resultando na destruição do arranjo espacial da membrana causando dano irreversível na sua estrutura. Com isso tem-se o aumento na fluidez afetando a homeostase da célula comprometendo assim a integridade da membrana (Sies, 1985; Clarkson & Thomson, 2000; Hong et al., 2004; Sant'anna, 2005). Nesse caso, a manutenção dessas sementes em condições de temperatura sub-zero pode ter preservado a integridade das membranas celulares por um período de tempo maior. No entanto, isso não foi observado para câmara fria.

Segundo McDonald (1999), as enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) constituem mecanismos eficientes para desintoxicação, atuando na remoção desses radicais livres. Analisando-se a atividade dessas enzimas, foi possível observar que houve alteração do perfil enzimático da superóxido dismutase com o decorrer do tempo, todavia com particularidades relacionadas a cada cultivar.

Para as demais condições de armazenamento das sementes não foi possível detectar variação na atividade da SOD. Comportamento semelhante foi observado tanto para a cv. IAC-226 (Figura 9b) como para a cv. Guarani (Figura 9c). Tal comportamento pode ser devido a esta enzima estar presente em várias organelas, a exemplo das mitocôndrias e cloroplastos, além do citoplasma conferindo estabilidade à atividade dessa enzima (Newton, 199).

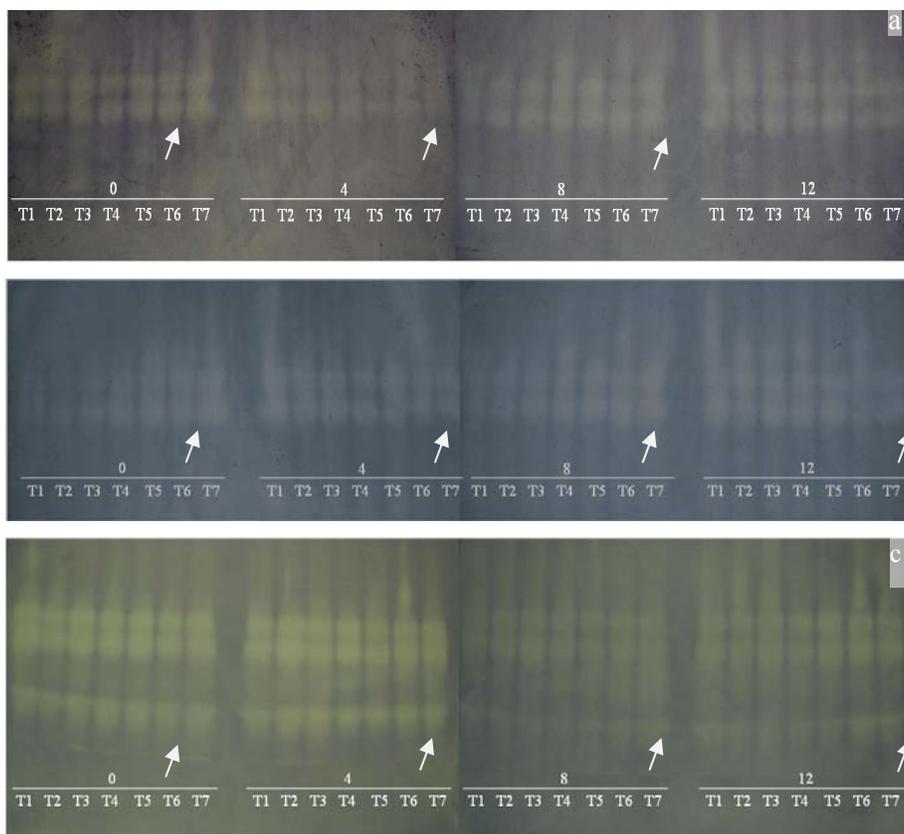


FIGURA 9 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Criarmazenagem) reveladas para a enzima Superóxido dismutase (SOD).

O estresse causado pelo armazenamento, em especial nas condições de ambiente não controlado, para as sementes da cultivar IAC-80, pode ter induzido processos oxidativos e produção de radicais livres. Isto pode ser evidenciado indiretamente pela maior atividade da enzima catalase (CAT) na época 0 para as sementes mantidas em condições de ambiente. Nas épocas subseqüentes há uma

redução da atividade da catalase nas mesmas condições, podendo esta redução estar associada à disponibilidade de oxigênio, bem como ao nível de deterioração. Em sementes mais deterioradas observa-se redução acentuada na atividade dessa enzima chegando até a não ativação, como visto nas sementes nas condições de armazém convencional e câmara fria, independente do período de armazenamento ou embalagem (Figura 10a).

A catalase, por ser uma enzima envolvida no processo de remoção do peróxido de hidrogênio, desempenha controle desses peróxidos endógenos por meio do ciclo óxido-redução (Fridovich, 1986). Sendo assim, a redução na atividade dessa enzima, poderá resultar na diminuição da prevenção de danos oxidativos. Ao exemplo do ocorrido com as sementes de mamona cv. IAC-80, Bailly et al. (1996) observaram decréscimo na atividade da enzima catalase associado a perda da viabilidade de sementes de girassol. Resultados semelhantes foram observados por Goel et al. (2003) em sementes de algodão, por Sung & Chiu (1995) em sementes de soja e por Sung (1996) em sementes de amendoim. Tal comportamento também pode ser observado para a cv. IAC-226 (Figura 10b).

Sendo assim, a enzima catalase pode ser utilizada para a avaliação da deterioração em sementes de mamona para as cvs. IAC-80 e IAC-226. Contudo, para a cv. Guarani foi possível observar alta atividade desta enzima nas sementes armazenadas em ambiente não controlado no decorrer do tempo (Figura 10c). Tal comportamento pode estar associado ao elevado teor de óleo desta cultivar. Como já apresentado na Figura 7(B), o teor de óleo das sementes desta cultivar foi reduzido em tendência linear. Com isso é possível que a redução nesse teor de óleo, esteja diretamente relacionada ao estresse oxidativo e peroxidação lipídica, onde se tem a interação entre os radicais livres e o lipídio, possa ter interferido na atividade desta enzima (Sant'anna, 2005).

É válido ressaltar que as sementes mantidas em criopreservação apresentaram comportamento diferenciado às demais condições, ou seja, redução da atividade da CAT. Isso podendo está associado ao teor de óleo, uma vez que estas tiveram menor teor quando comparado as demais condições.

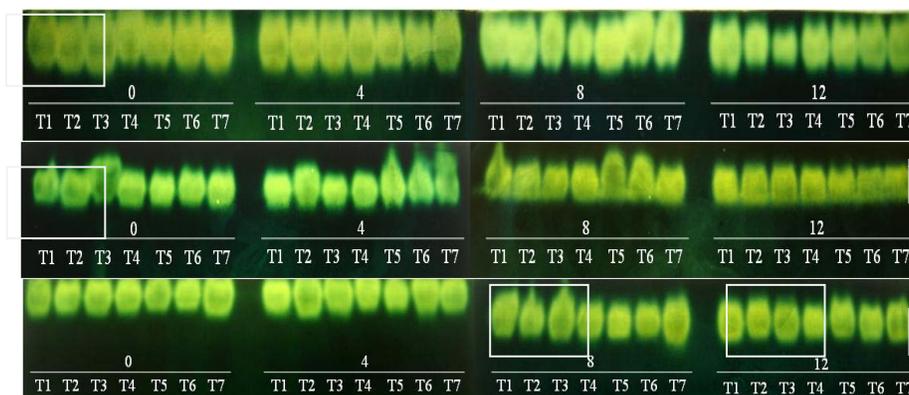


FIGURA 10 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Criarmazenagem) reveladas para Catalase (CAT).

Segundo Ferreira & Matsubara (1997), a interação entre radicais livres e lipídios envolve reações em cadeia em três etapas descritas como iniciação, propagação e terminação. Na etapa de iniciação ocorre o sequestro do hidrogênio do ácido graxo insaturado. Este sequestro podendo ser realizado tanto pelo radical hidroxil (OH) ou por um radical alcóxil (O), tendo como subproduto a formação de um radical lipídico. Quando se inicia a propagação, o radical lipídico gerado na etapa de iniciação reage com superóxido ( $O_2^-$ ), resultando no radical peróxil que, por sua vez, sequestra novo hidrogênio do ácido graxo insaturado, tornando-o novamente lipídio e continuando a etapa da propagação.

O término da peroxidação lipídica ocorre quando lipídio se propaga até se neutralizar.

Não foi observada alteração na atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH) nas sementes de mamona cv. IAC-80 durante o armazenamento (Figura 11a). Resultados semelhantes foram obtidos por Vieira (1996) ao longo do envelhecimento em sementes de algodão.

Para a cv. IAC-226 observou-se aumento na atividade da ADH nas sementes mantidas em criopreservação no decorrer do tempo de armazenamento (Figura 11b). Isto se justifica nessa condição, pois há redução da disponibilidade de oxigênio, causado assim a ativação da rota anaeróbica de respiração. Comportamento semelhante foi observado para as sementes armazenadas em câmara fria em embalagem a vácuo nas épocas oito e 12 (T6).

Entretanto, quando se avaliou a atividade da ADH para a cv. Guarani, esta apresentou comportamento semelhante ao encontrado para a cv. IAC-80, onde não foi possível identificar diferenças na atividade desta enzima (Figura 11c).

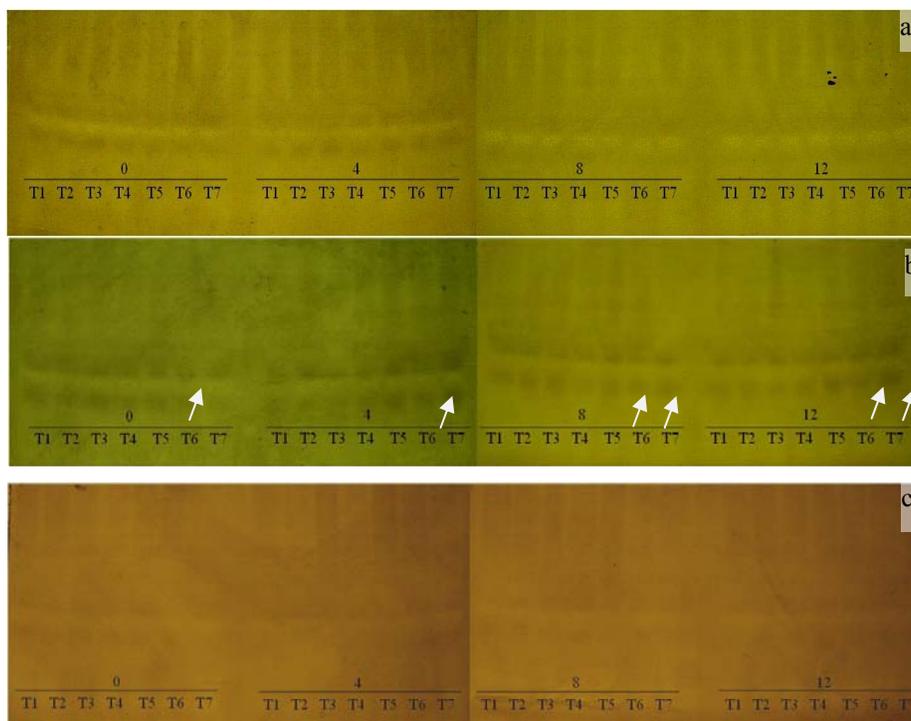


FIGURA 11 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Crioarmazenagem) reveladas para Álcool desidrogenase (ADH).

Para a enzima malato desidrogenase (MDH) nas sementes da cv. IAC-80 não houve alteração na atividade com o avanço do armazenamento, com exceção do observado nas sementes que foram armazenadas em condições não controladas e embaladas a vácuo (Figura 12a). Esta redução pode esta associada à menor disponibilidade de oxigênio, uma vez que esta enzima tem função importante dentro do ciclo de Krebs.

Com relação à atividade da MDH para a cv. IAC-226, não houve alteração da atividade nas sementes submetidas aos diferentes tratamentos

(Figura 12b). Talvez isso se deva ao fato de que esta enzima, assim como a SOD, é encontrada em associação a uma grande quantidade de organelas o que pode conferir uma estabilidade na atividade dessa enzima no decorrer no armazenamento (Scandalios, 1974).

Para a cv. Guarani foi possível detectar variação na atividade da enzima MDH somente no tratamento onde as sementes foram submetidas à criopreservação na época 12 (Figura 12c). Este comportamento, assim como observado na cv. IAC-80 pode estar relacionado à disponibilidade de oxigênio nesta condição.

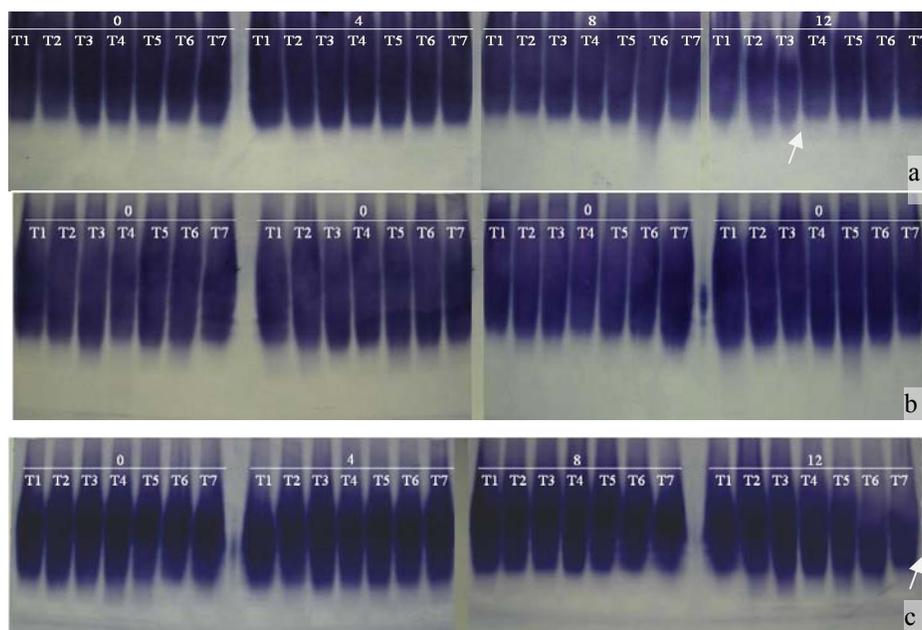


FIGURA 12 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Crioarmazenagem) reveladas para Malato desidrogenase (MDH).

Maior atividade da enzima esterase (Figura 13a), para a cv IAC-80, foi observada nas sementes armazenadas por 12 meses nas condições de câmara fria embaladas a vácuo e crioarmazadas quando comparado as demais condições testadas. De acordo com Santos et al. (2004) tal fato demonstra a maior peroxidação de lipídios, uma vez que esta enzima está envolvida em reações de hidrólise de ésteres estando diretamente ligada ao metabolismo de lipídios.

Para a cv. IAC-226 (Figura 13b) observa-se o aumento da atividade desta enzima ao longo do armazenamento. Resultado divergente aos encontrados por Aung & McDonald (1995) em sementes de amendoim, com o aumento do período de envelhecimento, tanto em sementes embebidas como não embebidas. Estes autores afirmam que as esterases são o grupo de enzimas mais importantes na germinação de amendoim. Essa variação de resultados se deve provavelmente ao duplo papel que essa enzima tem, dependendo do nível de deterioração das sementes do lote. Ela é acumulada antes do processo para prevenir a ação de radicais livres no início da deterioração, mas apresenta altos níveis quando já não tem esse papel de prevenção, estando presente tanto no início quanto em estádios mais avançados de deterioração. Já para a cv. Guarani (Figura 13c) observou-se redução da atividade da enzima esterase ao longo do armazenamento, principalmente entre os oito e 12 meses de armazenamento nas sementes mantidas em armazém convencional. O alto teor de óleo em sementes oleaginosas, como é o caso da mamona, favorece esse grupo de enzimas hidrolíticas na liberação de ácidos graxos que são usados na beta oxidação, como fonte de energia para a germinação. Muitos desses lipídios são constituintes de membranas, cuja degradação aumenta com a deterioração (Marcos Filho, 2005).

No entanto, é interessante salientar que variações no perfil eletroforético dessa enzima parecem estar mais relacionadas à associação de microrganismos do que o ao processo deteriorativo em si (Vieira, 1996). Esta afirmação

corroborar com os resultados encontrados por Brandão Junior et al. (1999) que observaram diminuição da intensidade de um grupo de bandas de esterase e aumento de outras com o envelhecimento de sementes de milho, explicando que o aparecimento de novas bandas pode ser devido à ação de fungos de armazenamento. Já Chauhan et al. (1985) em trabalho com sementes de soja e cevada, observaram que os padrões de bandas de esterase não estavam uniformemente presentes ao longo do envelhecimento acelerado e que o número de bandas aumentou com o tempo de envelhecimento.

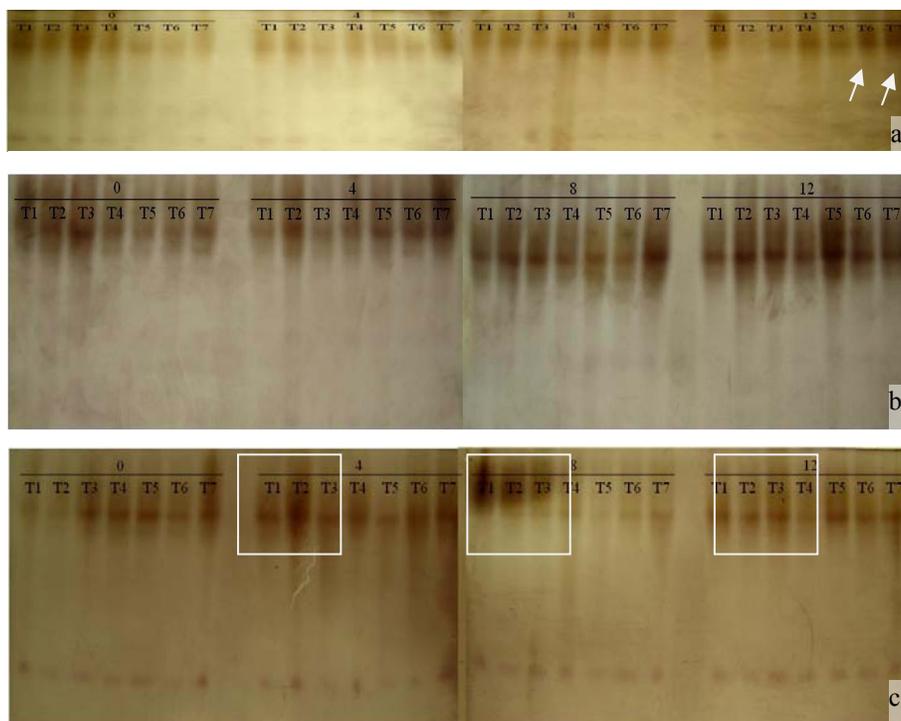


FIGURA 13 Padrões isoenzimáticos de sementes de mamona cultivares, IAC-80 (a), IAC-226 (b) e Guarani (c), submetidas a diferentes época de armazenamento (0, 4, 8 e 12 meses) e condições de armazenamento (T1: Armazém convencional-papel, T2: Armazém convencional – plástico; T3: Armazém convencional – vácuo; T4: Câmara fria – papel; T5: Câmara fria – plástico; T6: Câmara fria – vácuo e T7: Crioarmazenagem) reveladas para Esterase (EST).

Apesar de o tegumento ser considerado uma barreira mecânica à germinação de sementes de mamona, neste trabalho, foi possível detectar a influência desta característica em níveis diferenciados para cada cultivar. Mesmo não sendo utilizado nenhum método para quebra da dormência das sementes, foi possível verificar por meio da relação dos resultados observados no teste de germinação e de sementes duras que a imersão das sementes em nitrogênio líquido funcionou como um método de superação de dormência tegumentar, especialmente para as sementes da cv. IAC-80.

É importante salientar que, além da dormência, outra característica de deve ser observada é a incidência de fungos patogênicos nas sementes de mamona. Independente da condição de armazenamento foi verificado alta incidência de fungos de armazenamento, em especial, *Aspergillus* spp e *Penicillium* spp. No entanto, para as sementes da cv. Guarani, além da elevada incidência desses fungos foi observado também incidência elevada de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ricini*, o que pode ter ocasionado redução na qualidade das sementes durante todo o período de armazenamento, inclusive nas sementes crioarmazenadas a partir do quarto mês.

Outro ponto importante a ser observado refere-se à manutenção da viabilidade das sementes durante o período de armazenamento. Em sementes de mamona, especialmente as da cv. Guarani observa-se redução significativa na qualidade com o aumento do período de armazenamento. No entanto, com a utilização da crioarmazenagem foi possível manter, pelo período de 12 meses para as cultivares IAC-80 e IAC-226 e por quatro meses para a cv. Guarani, desempenho semelhante ao observado nas sementes que não foram armazenadas. Ressalta-se ainda, que para a cv. IAC-226, além da criopreservação, as sementes mantidas em armazém convencional embaladas a vácuo apresentaram maiores valores de emergência quando comparado as demais condições. Em contrapartida, as sementes de mamona mantidas em

câmara fria e embaladas a vácuo ao final dos 12 meses de armazenamento tiveram reduções drásticas no vigor, tanto para a cv. IAC-226, como para as outras duas cultivares trabalhadas.

## 5 CONCLUSÕES

A manutenção da qualidade fisiológica de sementes de mamona das cultivares IAC-80, IAC-226 e Guarani por 12 meses é possível nas seguintes condições:

Criopreservação (-196°C) como condição ideal

Em embalagens plásticas ou papel multifoliado sob refrigeração

Em armazéns convencionais, em embalagens plásticas sob condições de vácuo

Independente das condições de armazenamento avaliadas, o teor de óleo decresce e a incidência dos fungos *Aspergillus* spp e *Penicillium* spp. é incrementada ao longo do tempo.

A enzima catalase se destaca como um marcador da deterioração de sementes de mamona durante o armazenamento

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARWAL, V. K.; SINCLAIR, J. B. **Principles of seed pathology**. Boca Raton: CRC, 1987. v. 1.
- ALFENAS, A. C. (Ed.). **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.
- ALMEIDA, F. A. C. **Efeito da temperatura e umidade relativa do ar sobre a germinação, vigor e grau de umidade de sementes armazenadas de algodão (*Gossypicum hirsutum L. r. latifolium HUTCH*)**. 1981. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Paraíba, Campina Grande.
- ALMEIDA, F. A. C.; MORAIS, A. M. de; CARVALHO J. M. F. C.; GOUVEIA J. P. G. de. Crioconservação de sementes de mamona das variedades nordestina e pernambucana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 295-302, maio/ago. 2002.
- ALMEIDA, F. A. C.; MORAIS, J. S. Efeito do beneficiamento, tipo de embalagem e ambiente de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 27-33, jul./dez. 1997.
- ANDRADE, R. V.; BORBA, C. S. Fatores que afetam a qualidade das sementes. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Tecnologia para produção de sementes de milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 1993. p. 7-10.
- AQUINO, L. P. **Extração do óleo da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*): influência das variáveis operacionais**. 2007. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ARAÚJO, C. N. L.; MAIA, G. A.; NUNES, R. de P.; GUEDES, Z. B de L.; MONTEIROS, J. C. S. Caracterização de doze genótipos de girassol (*Helianthus annuus L.*) obtidos sob condições climáticas do estado do Ceará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 6, p. 901-906, jun. 1994.
- AUNG, U. T.; MCDONALD, M. B. Changes in esterase activity associated with peanut (*Arachis hypogaea L.*) seed deterioration. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 23, n. 1, p. 101-111, Jan./Apr. 1995.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 52 p.

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; COBINEAU, F.; CÔME, D. Changes in malondialdehyde content and in superoxide dismutase, catalase and glutathione reductase activities in sunflower seeds as related to deterioration during accelerated aging. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 1, p. 104-110, May 1996.

BALIZA, D. P.; CARDOSO, M. G.; VILELA, F. J.; SILVA, V. F.; GUIMARAES, L. G. L.; PEREIRA, A. A. Extração do óleo fixo da torta oriunda da extração industrial de sementes de mamona (*Ricinus Communis*) cultivar guarani. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS VEGETAIS E BIODIESEL, 2004, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. CD ROM.

BANZATTO, N. V.; CANECCHIO FILHO, V.; SAVY FILHO, A. **Guarani**: novo cultivar de mamoneira. Campinas: Instituto Agrônomo, 1977.

BASS, L. N. Controlled atmosphere and seed storage. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 2, p. 463-492, 1973.

BATISTA, R. C. **Cultivo *in vitro* e criopreservação de sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.)**. 2000. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Paraíba, Campina Grande.

BEE, R. A.; BARROS, A. C. S. A. Sementes de abóbora armazenadas em condições de vácuo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 120-126, ago. 1999.

BELTRÃO, N. E. de M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 4 p. (Comunicado Técnico, 146).

BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, L. C.; VASCONCELOS, O. L.; AZEVEDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J. Fitologia. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2001. p. 37-61.

BRANDÃO JUNIOR, D. S.; CARVALHO, M. L. M.; VIEIRA, M. G. G. C. Variações eletroforéticas de proteínas e isoenzimas relativas à deterioração de sementes de milho envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 114-121, jun. 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit: Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Padrões para produção e comercialização de sementes de mamona. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005. Seção 1, p. 21-22.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SND/CLAV, 1992. 365 p.

BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 849-854, 2009.

CAMARGO, R. **Armazenamento de sementes de milho doce**. 2003. 81 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CAMARGO, R.; CARVALHO, M. L. M. Armazenamento a vácuo de semente de milho doce. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 131-139, jul. 2008.

CANEPELLE, M. A. B. **Influência da embalagem, do ambiente e do período de armazenamento na qualidade de sementes de cebola (*Allium cepa*)**. 1994. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, M. L. M.; PINHO, E. V. R. von. **Armazenamento de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 67 p.

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

CHAUHAN, K. P. S.; GOPINATHAN, M. C.; BASU, C. R. Electrophoretic variation of protein and enzymes in relation to seed quality. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 13, v. 3, p. 629-641, Sept./Dec. 1985.

CHIERICE, G. O.; CLARO NETO, S. Aplicação industrial do óleo. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. (Org.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2001. p. 89-120.

CLARKSON, P. M.; THOMPSON, H. S. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 72, p. 637-646, Aug. 2000. Suplemento.

COELHO, R. R. P. **Protocolo de criopreservação de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L. raça *latifolium* Hutch.) cultivares BRS 200 Marrom BRS Verde C6 72p**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife.

CUNHA, R. da. Cultura de tecidos na conservação de germoplasma vegetal. In: PUIGNAU, J. P. **Conservación de germoplasma vegetal**. Montevideo: IICA, 1996. p. 129-138.

DHINGRA, O.D. Prejuízos causados por microorganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 139-145, jan./abr. 1985.

EIRA, T. S. M.; REIS, R. B. R. **Recursos genéticos e biotecnologia**: banco de sementes de café em criopreservação: experiência inédita no Brasil. Brasília: Embrapa, 2004. Disponível em: <[http://www.giacometti.org.br/htm/artigo\\_lista.cfm](http://www.giacometti.org.br/htm/artigo_lista.cfm)>. Acesso em: 13 maio 2009.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 150-159, jun. 2009.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 61-68, jun. 1997.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**: sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome, 2009. Disponível em: <<http://apps.fao.org.>>. Acesso em: 10 out. 2009.

- FORNAZIERI JÚNIOR, A. **Mamona**: uma rica fonte de óleo e de divisas. São Paulo: Ícone, 1986. 71 p.
- FREIRE, R. M. M.; SEVERINO, L. S.; MACHADO, O. L. T. Ricinoquímica e co-produtos. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRAO, N. E. M. (Ed.). **O Agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 501-529.
- FREITAS, R. A. de; DIAS, D. C. F. dos S.; DIAS, L. A. dos S.; OLIVEIRA, M. G. de A. Testes fisiológicos e bioquímicos na estimativa do potencial de armazenamento de sementes de algodão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 84-91, jul./dez. 2004.
- FRIDOVICH, I. Biological effects of the superoxide radical. **Archives Biochemistry and Biophysics**, San Diego, v. 147, n. 1, p. 1-11, May 1986.
- GASPAR, D. A. N.; SILVA, C. B. **Mamona no Ceará**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1956. 86 p.
- GOEL, A.; GOEL, A. K.; SHEORAN, I. S. Changes in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. **Journal Plant Physiology**, Rockville, v. 160, n. 9, p. 1093-1100, 2003.
- GONZÁLEZ-BENITO, M. E.; CARVALHO, J. M. F. C.; PÉREZ, C. Effect of desiccation and cryopreservation on the germination of embryonic axes and seeds of cotton. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 17-20, jan. 1998.
- GOULART, A. C. P. Suscetibilidade de cultivares de algodoeiro a *Rhizoctonia solani* e benefícios do tratamento de sementes com fungicidas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 222-228, maio/jun. 2007.
- GOULART, A. C. P. Tratamento de sementes de soja com fungicidas. In: ZAMBOLIM, L. **Sementes**: qualidade fitossanitária. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 451-478.
- GUELFÍ, A. **Resposta das enzimas antioxidantes em linhagens do fungo *Aspergillus* sp. na presença do metal pesado cádmio**. 2001. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo.

GUIMARAES, L. G. L.; CARDOSO, M. G.; VILELA, F. J.; BALIZA, D. P.; SILVA, V. F.; MUNIZ, F. R. Influência da polaridade do solvente utilizado na extração na composição do óleo fixo de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS VEGETAIS E BIODIESEL, 2004, Varginha. **Anais...** Lavras: UFLA, 2004. CD ROM.

HONG, J. H.; KIM, M. J.; PARK, M. R.; KWAG, O. G.; LEE, I. S.; BYUN, B. H.; LEE, S. C.; LEE, K. B.; RHEE, S. J. Effects of vitamin E on oxidative stress and membrane fluidity in brain of streptozotocin-induced diabetic rats. **Clinica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 340, n. 1/2, p. 107-115, Feb. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2009.

INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. **The desing of seed storage facilites for genetic conservation**. Rome, 1982.

IRIONDO, J. M.; PEREZ, C.; PEREZ-GARCIA, F. Effect of seed storage in liquid nitrogen on germination of several crop and wild species. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, n. 1, p. 165-171, Jan./Apr. 1992.

JACOB-NETO, J.; ROSSETTO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes: o papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 5, n. 1, p. 171-183, jan./dez. 1998.

KARTHA, K. K. Meristem culture and germplasm preservation. In: KARTHA, K. K. (Ed.). **Cryopresevation of plant cells and organs**. Boca Roton: CRS, 1985. p. 115-134.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Adaptation and yielding ability of castor plant (*Ricinus communis* L.) genotypes in a Mediterranean climate. **European Journal of Agronomy**, New York, v. 11, n. 3, p. 227-237, Nov. 1999.

KOUTROUBAS, S. D.; PAPAKOSTA, D. K.; DOITSINIS, A. Water requirements for castor oil crop (*Ricinus communis* L.) in a Mediterranean climate. **Journal of Agronomy & Crop Science**, Berlin, p. 33-41, 2000. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science>>. Acesso em: 16 abr. 2009.

LAGO, A. A.; ZINKE, E.; RAZERA, L. F.; BANZATTO, N. V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 41-44, june 1979.

LAGO, A. A.; ZINK, E.; SAVY FILHO, A.; TEIXEIRA, J. P. F.; BANZATTO, N. V. Deterioração de sementes de mamona armazenadas com e sem casca. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 17-25, jun. 1985.

LIMA, E. F.; ARAÚJO, A. E.; BATISTA, F. A. S. Doenças e seu controle. In: AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 191-212.

LUCCA-FILHO, O. A. **Curso de tecnologia de sementes**. Brasília: ABEAS, 1995. 53 p.

MACEDO, I. C.; NOGUEIRA, L. A. H. **Avaliação do biodiesel no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos, 2004. 90 p.

MACHADO, J. da C. **Patologia de sementes: fundamentos e aplicações**. Brasília: Ministério da Educação. Lavras: ESAL/FAEPE, 1988. 107 p.

MAGUIRE, J. D. Speeds of germination aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, Mar./Apr. 1962.

MALLICK, N.; MOHN, F. H. Reactive oxygen species: response to alga cells. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 157, n. 2, p. 183-193, 2000.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2005. v. 1, 495 p.

MAZZANI, B. Euforbiáceas oleaginosas, tártago. In: MAZZANI, B. **Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas**. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1983. p. 277-360.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessments. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 177-237, Jan./Apr. 1999.

MENTEN, J. O. M.; LIMA, L. C. S. F.; FRARE, V. C.; RABALHO, A. A. Evolução dos produtos fitossanitários para tratamento de sementes no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 333-374.

MIRANDA, F. F. **Qualidade de sementes de trigo (*Triticum aestivum*), armazenados com diferentes níveis de umidade, no vácuo.** 1997. 35 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

MOSHKIN, V. A. Flowering and pollination. In: MOSHKIN, V. A. (Ed.). **Castor.** New Delhi: Amerind, 1986. p. 43-49.

MULLER, C. H.; FREIRE, F. dos C. O. **Influência de fungicidas na conservação e na germinação de amêndoas de castanha-do-brasil.** Belém: Embrapa/CPATU, 1978. 9p. (Comunicado Técnico, 26).

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes.** Londrina: ABRATES, 1999. cap. 2, p. 1-24.

NEERGAARD, P. **Seed pathology.** 2. ed. London: MacMillan, 1979. v. 1.

NEW, J. H. Studies on vacuum packing of seed. **Seed Science and Technology,** Zürich, v. 16, n. 3, p. 715-723, Dec. 1988.

NEWTON, A. C.; ALLNUTT, T. R.; GILLIES, A. C. M.; LOWE, A. J.; ENNOS, R. A. Molecular phylogeography, intraspecific variation and the conservation of tree species. **Trends in Ecology and Evolution,** Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 140-145, Apr. 1999.

NKANG, A. Effect of cyanide pretreatment on Peroxidase activity in germinating seeds of *Guilfoylia monostylis*. **Journal of Plant Physiology,** Stuttgart, v. 149, n. 1, p. 3-8, 1996.

NOGUEIRA, G. F.; PAIVA, R.; VARGAS, D. P. de; SÁ, L. A.; PINTO, M. S.; PORTO, J. M. P.; BOBROWSKI, V. L. Criopreservação de eixos embrionários de mamona cv. Mirante com diferentes graus de umidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 4., 2009, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. CD ROM.

OLIVEIRA, D.; OLIVEIRA, J. V.; FACCIO, C.; MENONCIN, S.; AMROGINSKI, C. Influencia das variáveis de processo na alcoólise enzimática do óleo de mamona. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** Campinas, v. 24, n. 2, p. 178-182, jul./dez. 2004.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; CALDEIRA, C. M.; SILVA, C. D.; SILVA, D. G. Teste de tetrazólio em sementes de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa, 2006. CD ROM.

OLIVEIRA, R. N. **Cultivo e processamento da mamona**. Viçosa, MG: CPT, 2004. 156 p.

PATRICIO, F. R.; BORIN, R. B. R. G.; ORTOLANI, D. B. Patógenos associados a sementes que reduzem a germinação e vigor. In: MENTEN, J. O. M. **Patógenos em sementes: detecção, danos e controle químico**. Piracicaba: ESALQ/FEALQ, 1991. cap. 3, p. 137-160.

PAULA, J. E.; IMAÑA-ENCINAS, J.; PEREIRA, B. A. S. Parâmetros volumétricos e da biomassa da mata ripária do Córrego dos Macacos. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 21-28, jul./dez.1998.

PIRES, M. M.; ALVES, J. M.; ALMEIDA NETO, J. A. de A.; ALMEIDA, C. M.; SOUSA, G. S. de; CRUZ, R. S. da; MONTEIRO, R.; LOPES, B. S.; ROBRA, S. Biodiesel de mamona: uma avaliação econômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004, Campina Grande. **Anais....** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. CD-ROM.

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

QUEIROGA, V. P.; BELTRÃO, N. E. M. **Produção e armazenamento de sementes de Mamona (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. 7p. (Comunicado Técnico, 206).

ROCHA, M. do S.; BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; CARVALHO, J. M. F. C. Crioconservação de sementes algodão de duas cultivar a BRS-RUBI e a BRS-SAFIRA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. v. 1, p. 228-233.

RUNTHALA, P.; JANA, M. K.; MOHANAN, K. Cryopreservation of groundnut (*Arachis hypogea* L.) embryonic axes for germplasm conservation. **Cryo-Letters**, Cambridge, v. 14, n. 2, p. 335-338, Mar./Apr. 1993.

SANT'ANNA, L. C. **Avaliação da composição química da semente de abóbora (Cucurbita pepo) e do efeito do seu consumo sobre o dano oxidativo hepático de ratos (*Rattus norvegicus*)**. 2005. 68 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILELA, F. A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 110-119, jun. 2004.

SAVY FILHO, A. **Mamona tecnologia agrícola**. Campinas: EMOPI, 2005. 105p.

SCANDALIOS, J. G. Isoenzymes in development and differentiation. **Annual Review of Plant Physiology**, Stanford, v. 25, p. 255-258, June 1974.

SIES, H. Oxidative stress: introductory remarks. In: SIES, H. **Oxidative stress**. Florida: Academic, 1985. p. 1-10.

SOUZA, L. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade de sementes de mamona**. 2007. 53 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

STANWOOD, P. C.; BASS, L. N. Seed germplasm preservation using liquid nitrogen. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 9, n. 2, p. 423-437, May/Aug. 1981.

STANWOOD, P. C.; ROOS, E. E. Seed storage of several horticultural species in liquid nitrogen (-196 oC). **HortScience**, Alexandria, v. 14, n. 5, p. 628-630, Nov./Dec. 1979.

STEWART, R. R. C.; BEWLEY, J. D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. **Plant Physiology**, Rockville, v. 65, n. 2, p. 245-248, 1980.

SUNG, J. M. Lipid peroxidation and peroxide scavenging in soybean seeds during ageing. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 97, n. 1, p. 85-89, May 1996.

SUNG, J. M.; CHIU, C. C. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes of naturally aged soybean seed. **Plant Science**, Clare, v. 110, n. 1, p. 45-52, Sept. 1995.

SUNG, J. M.; JENG, T. L. Lipid peroxidation and peroxide-scavenging enzymes associated with accelerated ageing of peanut seed. **Physiol Plantarum**, Copenhagen, v. 91, n. 1, p. 51-55, May 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449-484.

TAO, K. L. Genetic alteration and germoplasm conservation. In: FU, J.; KHAN, A. A. (Ed.). **Advanced in the science and technology of seeds**. Beijing: Science, 1992. p. 137-149.

TANAKA, M. A. S.; CORREIA, M. V. Efeito do tratamento de feijão de diferentes qualidade sanitárias com fungicidas e antibióticos sobre a emergência e “stand”. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 3, p. 339-347, jun.1982.

TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; PLAZAS, I. H. A. Z. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 501-508, maio/ago. 2001.

TOMPSETT, P. B. A review of the literature on storage of dipterocarp seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 20, n. 2, p.251-267, 1992.

TORRES, S. B.; BRINGEL, J. M. M. Avaliação da qualidade sanitária e fisiológica de sementes de feijão-macassar. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 2, p. 88-92, abr. 2005.

VIEIRA, M. G. G. C. **Utilização de marcadores moleculares no monitoramento da qualidade sanitária e nível de deterioração de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.)**. 1996. 114 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

VIEIRA, R. D.; PENARIOL, A. L.; PERECIN, D.; PANOBIANCO, M. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, set. 2002.

VIEIRA, R. M.; LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S. Diagnóstico e perspectivas da mamoneira no Brasil. In: REUNIÃO TEMÁTICA MATERIAS-PRIMAS OLEAGINOSAS NO BRASIL, 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa, 1997. p. 139-150.

WEISS, E. A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660 p.

Z Aidan, L. B. P.; BarbEdo, C. J. Quebra de dormênciã em sementes. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinaçãõ**: do básiço ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 135-146.

ZANATTA, Z. G. C. N.; BUENO, B.; SILVA, S. D. A.; GOMES, A. C. Fungos associados às sementes de seis cultivares de mamoneira (*Ricinus communis* L.) cultivadas na região de Pelotas, RS, safra 2003/2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2004, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Embrapa, 2004. CD-ROM.

## **ANEXOS**

TABELA 1A Resumo da análise de variância de sementes de mamona, cultivar IAC-80, submetidas a diferentes condições e épocas de armazenamento.

FV	QM					
	GL	1ª C.	G	IVE	E	T.O. (GL)
COND	6	955,98*	934,86*	7,09*	2628,83*	119,31*
ARM	3	358,70*	1720,28*	8,18*	1912,98*	25,81*
COND*ARM	18	502,14*	191,75*	0,25*	127,73*	3,96ns
ERRO	84	51,89	28,47	0,04	13,84	4,18(56)
CV (%)	-	19,81	7,53	7,59	6,09	5,41

\*Teste F significativo a 5% de probabilidade

TABELA 2A Resumo da análise de variância de sementes de mamona, cultivar IAC-226, submetidas a diferentes condições e épocas de armazenamento.

FV	QM					
	GL	1ª C.	G	IVE	E	T.O. (GL)
COND	6	147,64ns	686,97*	12,77*	660,30*	19,85*
ARM	3	2618,14*	6613,65*	38,91*	4508,70*	78,17*
COND*ARM	18	395,19*	285,84*	0,65*	142,45*	3,66*
ERRO	84	84,11	38,89	0,08	13,53	1,34(56)
CV (%)	-	17,13	7,45	5,91	4,52	3,22

\*Teste F significativo a 5% de probabilidade

TABELA 3A Resumo da análise de variância de sementes de mamona, cultivar Guarani, submetidas a diferentes condições e épocas de armazenamento.

FV	QM					
	GL	1ª C.	G	IVE	E	T.O. (GL)
COND	6	128,14ns	2498,82*	2,97*	5111,80*	131,88*
ARM	3	732,03*	6938,79*	3,23*	1933,55*	66,76*
COND*ARM	18	84,06ns	172,07*	0,10ns	76,47*	3,25*
ERRO	84	72,79	40,25	0,06	18,53	2,26(56)
CV (%)	-	26,80	11,79	12,86	10,61	4,01

\*Teste F significativo a 5% de probabilidade

TABELA 5A Média em porcentagem de sementes duras e mortas no teste de germinação de sementes de mamona cultivar IAC-80, antes do armazenamento e aos 12 meses.

Condições de armazenamento	Antes do armazenamento		0 meses		12 meses	
	Duras	Mortas	Duras	Mortas	Duras	Mortas
Ambiente- papel			12	04	19	01
Ambiente- plástico			10	04	17	08
Ambiente- vácuo			11	04	17	12
Câmara fria- papel	12	06	12	05	14	11
Câmara fria- plástico			10	06	10	07
Câmara fria- vácuo			12	05	13	26
Criopreservação			01	08	05	06

TABELA 6A Média em porcentagem de sementes duras e mortas no teste de germinação de sementes de mamona cultivar IAC-226, antes do armazenamento e aos 12 meses.

Condições de armazenamento	Antes do armazenamento		0 meses		12 meses	
	Duras	Mortas	Duras	Mortas	Duras	Mortas
Ambiente- papel			03	01	13	03
Ambiente- plástico			03	01	12	04
Ambiente- vácuo			06	02	15	02
Câmara fria- papel	04	01	03	01	16	04
Câmara fria- plástico			05	01	14	03
Câmara fria- vácuo			03	01	16	06
Criopreservação			04	02	03	01

TABELA 7A Médias em porcentagem de sementes duras e mortas no teste de germinação de sementes de mamona cultivar Guarani, antes do armazenamento e aos 12 meses.

Condições de armazenamento	Antes do armazenamento		0 meses		12 meses	
	Duras	Mortas	Duras	Mortas	Duras	Mortas
Ambiente- papel			32	19	06	32
Ambiente- plástico			36	15	04	30
Ambiente- vácuo			26	21	08	34
Câmara fria- papel	34	17	33	18	07	28
Câmara fria- plástico			28	16	11	26
Câmara fria- vácuo			13	13	03	39
Criopreservação			05	12	04	12