

**MÁRCIO DIAS PEREIRA**

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS E QUALIDADE DO  
ÓLEO DE SEMENTES *Jatropha curcas* L. DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P436a  
2011  
Pereira, Márcio Dias, 1979-  
Alterações fisiológicas, bioquímicas e qualidade do óleo de  
sementes de *Jatropha curcas* L. durante o armazenamento /  
Márcio Dias Pereira. – Viçosa, MG, 2011.  
x, 94f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Pinhão-manso - Semente - Qualidade. 2. Pinhão-manso -  
Semente - Armazenamento. 3. Sementes oleaginosas. 4.  
Pinhão-manso - Análise. I. Universidade Federal de Viçosa.  
II. Título.

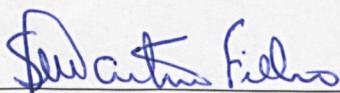
CDD 22. ed. 633.85

MÁRCIO DIAS PEREIRA

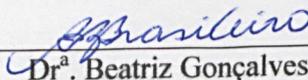
ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS E QUALIDADE DO ÓLEO DE  
SEMENTES DE *Jatropha curcas* L. DURANTE O ARMAZENAMENTO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 02 de março de 2011.



Prof. Sebastião Martins Filho



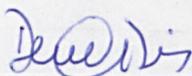
Dr.ª Beatriz Gonçalves Brasileiro



Prof. Luiz Antônio dos Santos Dias  
(Co-orientador)



Prof. Eduardo Euclides de Lima e Borges  
(Co-orientador)



Prof.ª Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias  
(Orientadora)

**É só pela educação que o homem pode chegar a ser homem” (Kant)**

**À Deus Senhor soberano de tudo,**

**Aos meus pais Jorge e Regina,**

**Ao meu irmão Marco Antônio,**

**Aos meus sobrinhos Grazielle e Mateus,**

**Ao meu afilhado Pedro Lucas,**

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pela vida, pela saúde, por me acompanhar 24 horas por dia e por renovar suas misericórdias todas às manhãs.

Aos meus pais, Jorge e Regina, pela confiança, amor, dedicação e disciplina dedicadas a mim, dando-me força, apoiando-me nos momentos difíceis e sorrindo comigo nos momentos alegres.

Ao meu amado irmão, Marco, pelo respeito, amor, incentivo, força e lições dadas a todo o momento, sendo peça fundamental no alcançar dessa caminhada.

Aos meus sobrinhos Mateus e Grazielle, ao meu afilhado Pedro que com seu carinho tornaram essa caminhada mais tranqüila e agradável.

Às minhas avós, Maria e Maura, que me serviram de exemplo e inspiração.

Ao Departamento e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e pelo apoio na realização deste trabalho.

À minha orientadora e amiga, professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela amizade, paciência, pelos ensinamentos, pela confiança, pela dedicação exemplar e pela valiosa e efetiva orientação dedicados a mim durante o decorrer de toda a minha estada em Viçosa.

Ao professores, co-orientadores e amigos Sebastião Martins Filho, Eduardo E. L. Borges e Luiz Antônio dos S. Dias, pela amizade, cooperação, dedicação e participação fundamentais em todas as etapas deste trabalho, da minha formação e da minha vida pessoal. A vocês o meu muito obrigado.

À CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro viabilizando a execução dos trabalhos.

Aos Departamentos de Engenharia Florestal, Engenharia Agrícola, Fitopatologia e Estatística, pelo apoio logístico e técnico nas diferentes etapas dos experimentos.

Aos valiosos amigos e funcionários da UFV Mauro, Eleacir, Mara, Eduardo, Tati, D. Eva e cada um dos servidores que de alguma forma contribuíram. A eles um agradecimento especial pela amizade, pela convivência e pelo apoio dedicado a mim de diferentes formas.

Aos meus amigos e colegas de laboratório: Claudinha, Andressa, Silmara, Camilla, Maristela, Deborah, Beatriz, Patrícia, João e Carminha, pela amizade, pela convivência mais que agradável e companhia em tantos momentos de trabalho e diversão.

Aos companheiros e amigos que me foram dados de presente em Viçosa, Mariane, Edmon, Ana Estela, Flavio, Sandy, Fil, Ana, Luana, Monique, Julio, Candinha, Helô, e

tantos outros que de alguma forma participaram da minha vida de forma particular e que contribuíram para o sucesso do meu trabalho com a sua amizade, dedicação e carinho.

Aos habitantes de Viçosa e a todo o povo mineiro que nos recebem de forma tão acolhedora, fazendo com que, ao nos despedirmos, nos sintamos um pouco ‘Minas’, um pouco ‘pão de queijo’, um ‘cadim’ goiabada com queijo ou ‘dodileite’. Obrigado a todos vocês por me fazerem sentir parte dessa gente e ter saudade antes mesmo de partir.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Márcio Dias Pereira, filho de Jorge Freitas Pereira e Regina Célia Dias Pereira, nascido em Bom Jesus do Itabapoana, Estado do Rio de Janeiro, em 27 de outubro de 1979.

Em 1999, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo, colando grau em agosto de 2004.

Ao concluir a graduação foi admitido na Escola Família Agrícola de São João de Garrafão, como professor do curso técnico em Agropecuária.

Em março de 2005, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de produção e tecnologia de sementes, defendendo tese em fevereiro de 2007.

Ingressou no curso de Doutorado em março de 2007, em Fitotecnia, tendo defendido tese em março de 2011.

Em dezembro de 2010 foi admitido em concurso público para o cargo de professor adjunto da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT.....	X
INTRODUÇÃO GERAL .....	01
CAPÍTULO I: QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO DURANTE O ARMAZENAMENTO .....	04
CAPÍTULO II: ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS EM SEMENTES DE PINHÃO MANSO DURANTE O ARMAZENAMENTO.....	26
CAPÍTULO III: QUALIDADE DO ÓLEO EXTRAÍDO DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO ARMAZENADAS .....	57
CONCLUSÃO GERAL.....	78

## RESUMO

PEREIRA, Márcio Dias, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2011. **Alterações fisiológicas, bioquímicas e qualidade do óleo de sementes de *Jatropha curcas* L. durante o armazenamento.** Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co-orientadores: Eduardo E. L. Borges e Luis Antônio dos S. Dias.

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) vem se destacando como uma das espécies de plantas oleaginosas de maior aptidão à produção de combustível renovável. Porém, apresenta produção irregular ao longo do ano, sendo necessário o armazenamento das sementes até a época adequada para a produção das mudas. Além da qualidade das sementes, o armazenamento influencia também na qualidade do seu óleo. A conservação dos óleos está diretamente relacionada à natureza e à qualidade da matéria-prima e, principalmente, das condições de armazenamento. O presente trabalho teve como objetivos: i) avaliar a qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso acondicionadas em três embalagens e armazenadas em dois ambientes ao longo de doze meses; ii) determinar as alterações bioquímicas e fisiológicas das sementes durante o armazenamento; iii) avaliar o efeito do armazenamento das sementes em diferentes condições de ambiente e embalagens na quantidade e na qualidade de óleo produzido por elas. Para tanto, sementes recém-colhidas de pinhão manso, com teor de água em torno de 7 % foram armazenadas em ambiente natural de laboratório e em câmara fria, em sacos de papel kraft, de polipropileno trançado e tambor de papelão/tambor de papelão ao longo de um ano. Aos zero, três, seis, nove e doze meses de armazenamento as sementes foram submetidas aos seguintes testes e determinações: teor de água, germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântula, envelhecimento acelerado, teste de frio, emergência em solo e índice de velocidade de emergência, teores de lipídios, amido, açúcares totais e proteínas, peroxidação de lipídios, e índices de acidez, saponificação e iodo do óleo. O acondicionamento em saco de papel e de polipropileno trançado em câmara fria foram

as condições mais adequadas para se conservar a qualidade fisiológica das sementes e do seu óleo. Nessas condições, observou-se a manutenção da qualidade até os seis meses de armazenamento.

## ABSTRACT

PEREIRA, Márcio Dias, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, march of 2011. **Physiological, biochemical and oil quality of *Jatropha curcas* L. seeds during storage.** Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co-advisers: Eduardo E. L. Borges and Luis Antônio dos S. Dias.

*Jatropha curcas* is standing out as a species of oil plants greater ability to produce non-fossil fuel. However, it has uneven production throughout the year, necessitating storage of the seeds until the proper time for the production of seedlings. Besides the quality of the seed storage also affects the quality of oil extracted from these seeds. The conservation of oil is directly related to the nature and quality of raw materials and especially, their storage conditions. This study aimed: i) reevaluate the physiological quality of seeds of this species placed in three containers and stored in two locations along twelve months, ii) determine the biochemical and physiological changes in *Jatropha curcas* seeds during storage; iii) evaluate the effect of storing seeds of *Jatropha curcas* under different environmental conditions and packaging on the quantity and quality of oil produced by them. For this purpose, freshly harvested seeds of *Jatropha curcas*, the water content of around 7%, were stored under natural and laboratory cold chamber, in kraft paper bags, woven polypropylene fiber drum and along a years. At zero, three, six, nine and twelve months seeds were evaluated: i) the physiological quality, the tests for water content, germination, first count germination, germination speed index, seedling length, accelerated aging test of cold soil emergence and emergence speed index, ii) the physiological and biochemical characteristics: germination, vigor and lipids, starches, sugars, proteins and lipid peroxidation, iii) quality of the extracted oil: oil content and acid content, saponification and iodine. Packaging paper bag and polypropylene woven in cold conditions were more appropriate to retain the physiological quality of seeds and its oil. Under these conditions, we observed the maintenance of quality up to six months of storage.

## INTRODUÇÃO GERAL

O aumento do preço do petróleo e o efeito do uso dos combustíveis não-renováveis têm levado as lideranças de todo o mundo a buscarem alternativas viáveis para a substituição ou redução do uso dessas fontes de energia. No Brasil, a Presidência da República lançou, por meio de um Decreto em 2003, o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) com o intuito de reduzir os gastos com o diesel e como uma oportunidade de desenvolvimento social de regiões brasileiras menos favorecidas.

Entre outras formas, o biodiesel pode ser produzido a partir de óleos vegetais derivados de plantas oleaginosas, tão abundantes no Brasil. Porém, dessas plantas, poucas são utilizadas racionalmente ou só são conhecidas regionalmente. Dentre as plantas oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel, destaca-se o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) , cujas sementes têm apresentado alta produção e qualidade de óleo para biodiesel.

O pinhão-manso é um arbusto que ocorre espontaneamente desde o nordeste até o Paraná, no sul do país, mesmo em áreas de solos arenosos e pouco férteis. É uma planta resistente à seca e apresenta crescimento mais rápido em regiões de clima quente (Arruda et al., 2004). Suas flores são pequenas, amarelo-esverdeadas e o fruto é uma cápsula com três sementes escuras e lisas. A semente do pinhão-manso pesa de 0,48 a 0,72 g e sua amêndoa, retirada a casca, fornece de 50 a 52% de óleo extraído com solventes e 32 a 35% em caso de extração por trituração e aquecimento da amêndoa (Cortesão, 1956; Brasil, 1985). Uma das principais vantagens do pinhão-manso é o seu longo ciclo produtivo que pode chegar a 40 anos e manter a média de produtividade de 2 t/ha (Azevedo, 2006). Por ser perene, também contribui para a conservação do solo e reduz o custo de produção, fator importante para sua viabilidade econômica, especialmente na agricultura familiar.

Todas essas vantagens têm levado a um aumento da demanda de sementes desta espécie e de informações sobre as técnicas de produção e manejo da cultura. Contudo, são escassas as informações sobre os padrões de comercialização, condições de armazenamento e manutenção da qualidade das sementes desta espécie após a colheita. Diante da ausência de normas e padrões para a comercialização de sementes, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a instrução normativa número 04 de 14 de janeiro de 2008 que autoriza a inscrição no Registro Nacional de Cultivares – RNC da espécie *Jatropha curcas* L., sem a exigência de mantenedor, com as informações constantes do anexo I, no qual se encontram algumas características da cultura e um modelo de um termo de compromisso e responsabilidade (Anexo II) do produtor de sementes dessa espécie garantindo a qualidade física e fisiológica das sementes a serem comercializadas (MAPA, 2008).

Sementes ricas em óleo, como o pinhão manso, têm menor longevidade no armazenamento estando mais propensas ao processo de deterioração. Considerando que este é um processo inevitável e irreversível, são essenciais estudos que possam definir as condições mais adequadas para esclarecer os eventos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nas sementes de pinhão-manso durante o armazenamento com vistas a reduzir perdas e aumentar o período de conservação dessas sementes.

## **BIBLIOGRAFIA**

ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, Jan./abr. 2004.

AZEVEDO, H. Pinhão manso é lançado pelo presidente Lula como opção para o biodiesel – Vegetal é de fácil cultivo. **Hoje em Dia**, 8 a 14/01/2006, Brasília-DF.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Secretária de Tecnologia Industrial. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília, DF: STI/CIT, 1985. 364p. (Documentos, 16).

CORTESÃO, M. **Culturas tropicais**: plantas oleaginosas. Lisboa: Clássica, 1956. 231p.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 26 de outubro de 2008.

## **CAPÍTULO I: Qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso durante o armazenamento<sup>1</sup>**

Márcio Dias Pereira<sup>2</sup>, Denise Cunha F. S. Dias<sup>3</sup>, Eduardo E. L. Borges<sup>4</sup>, Sebastião Martins Filho<sup>5</sup>, Luiz A. S. Dias<sup>3</sup>

**Resumo** – O pinhão manso vem se destacando como uma das espécies de plantas oleaginosas de maior aptidão à produção de combustível renovável. Porém, apresenta produção irregular ao longo do ano, sendo necessário o armazenamento das sementes até a época adequada para a produção das mudas. Em razão disto, o presente trabalho teve como objetivo estabelecer as condições mais adequadas para o armazenamento destas sementes. Sementes recém-colhidas de pinhão manso, com teor de água de 7,21 %, foram armazenadas em ambiente natural de laboratório e em câmara fria, em sacos de papel kraft, de polipropileno trançado e tambor de papelão tambor de papelão ao longo de um ano. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de plântula, envelhecimento acelerado, teste de frio, emergência e índice de velocidade de emergência aos zero, três, seis, nove e doze meses. Houve redução linear na germinação e no vigor das sementes mantidas em condição de ambiente em saco de papel kraft ou de polipropileno trançado e em câmara fria quando acondicionadas em tambor de papelão. A qualidade fisiológica das sementes armazenadas em câmara fria foi maior nas embalagens papel kraft e polipropileno trançado e em ambiente natural de laboratório no tambor de papelão.

**Palavras chave:** *Jatropha curcas*, germinação, vigor, deterioração.

### **Physiological quality of *Jatropha curcas* L. seeds during storage**

**Abstract** – The *Jatropha curcas* is standing out as a species of oil plants greater ability to produce non-fossil fuel. However, the species produces irregularly throughout the year, necessitating storage of the seeds so that their use might be made on a large scale. Although it

is a plant native to Brazil, little is known about the aspects of production and technology as well as storage conditions of their seeds. Because of this, the present study was to evaluate the physiological quality of seeds of three species placed in containers and stored in two locations along twelve months. Freshly harvested seeds of *Jatropha curcas* were stored under natural and laboratory cold chamber, kraft in paper bags, woven polypropylene fiber barrel and over one year, count at zero, three, six, nine and twelve months. We evaluated the water content, germination and seed vigor during storage. We observed an initial moisture content of 7.25% with a range of 1 to 2% more over the period of storage in all treatments. In general the seeds stored in cold kraft in paper bags and polypropylene woven and stored in the natural environment in fiber drum showed the best germination and vigor in all tests.

**Key words:** *Jatropha curcas*, germination, vigor, deterioration.

## **Introdução**

O pinhão manso, *Jatropha curcas* L., da família *Euphorbiaceae*, ocorre espontaneamente desde o Maranhão até o Paraná, mesmo em áreas de solos arenosos e pouco férteis. Tem se mostrado resistente à seca, tendo crescimento mais rápido em regiões de clima quente (ARRUDA, 2004). A espécie vem se destacando como uma planta promissora para a produção de bicompostíveis, já que as sementes são ricas em óleo (SATURNINO, 2005).

O armazenamento é importante para garantir o suprimento anual de sementes, em especial, daquelas espécies com produção irregular ao longo do ano como é o caso do pinhão manso. Além de atuar como instrumento regulador de mercado, o armazenamento possibilita a conservação de recursos genéticos em bancos de germoplasma.

O processo de deterioração das sementes envolve uma série de alterações químicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas, conduzindo-as à perda total da viabilidade (MARCOS

FILHO, 2005). Esta deterioração não pode ser evitada, mas pode ser controlada pelo armazenamento sob condições adequadas.

As alterações pelas quais as sementes passam durante o armazenamento podem variar em função de fatores que estão relacionados com a sua conservação, como a temperatura, a umidade relativa do ar, o teor de água das sementes, o tempo de armazenamento e a embalagem das sementes (CARNEIRO e AGUIAR, 1993). A importância de cada um desses fatores e a interação entre eles é fundamental para se entender as exigências de cada espécie quanto aos fatores necessários para a manutenção de sua viabilidade.

A temperatura influencia consideravelmente a preservação da qualidade da semente armazenada, por influenciar as atividades biológicas e acelerar as atividades respiratórias da semente estocada e dos microrganismos a ela associados (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Assim, a maioria das espécies tem suas sementes melhor conservadas, quando armazenadas em condições de baixa temperatura do ar. De acordo com Guzman e Aquino (2009), definir a temperatura do ambiente ideal para o armazenamento das sementes de pinhão manso é fundamental, devido ao seu grande potencial para a produção de biocombustíveis.

Trabalhos abordando o tipo de embalagem e condições de ambiente mais indicadas para o armazenamento de sementes pinhão manso são relativamente escassos. Em razão disto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes desta espécie acondicionadas em três embalagens e armazenadas em dois ambientes ao longo de doze meses.

## **Material e Métodos**

Utilizaram-se sementes de pinhão manso recém-colhidas provenientes da região de Janaúba, norte de Minas Gerais, que foram secas naturalmente até atingirem grau de umidade

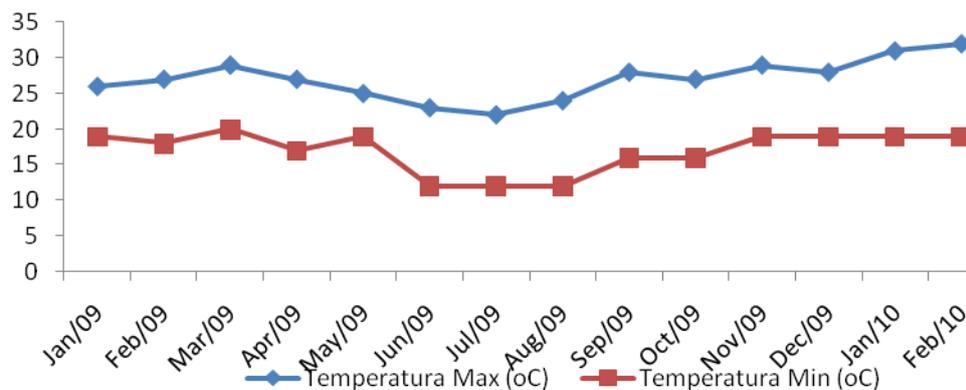
de aproximadamente 7,21%. As sementes foram tratadas com o fungicida Captan 50 (135 g/100 sementes) sendo, em seguida, acondicionadas em três tipos de embalagens: sacos de papel kraft (Figura 1a), de polipropileno trançado (Figura 1b) e em tambor de papelão (Figura 1c), com 4 kg de sementes em cada embalagem. Os sacos de papel e de polipropileno trançado foram fechados realizando-se duas dobras na abertura superior e grampeando-se em seguida, e o tambor de papelão foi tampado.



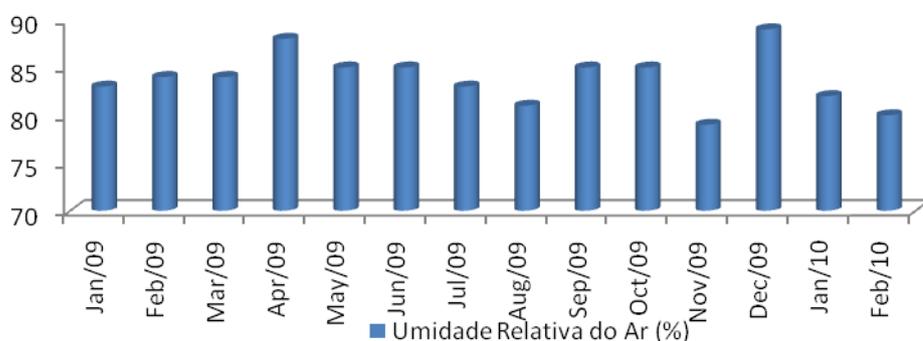
**Figura 1. Embalagens utilizadas durante o armazenamento de sementes de pinhão manso. Sacos de papel kraft (a), de polipropileno trançado (b) e tambor de papelão (c). UFV, Viçosa, MG, 2010.**

As sementes acondicionadas nas respectivas embalagens foram armazenadas em condições de ambiente, no Laboratório de Pesquisa em Sementes do DEF/UFV e em câmara fria (aproximadamente 5 °C e 60% UR), por 12 meses, a partir de janeiro de 2009 até fevereiro de 2010. Deste modo, seis condições de armazenamento foram avaliadas: ambiente em câmara fria em sacos de papel kraft (Amb P), ambiente em sacos de polipropileno trançado (Amb PP), ambiente em tambor de papelão (Amb T), câmara fria em sacos de papel kraft (CF P), câmara fria em sacos de polipropileno trançado (CF PP) e câmara fria em tambor de papelão (CF T). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente do laboratório de sementes foi realizado

durante todo o período por meio de registro em um termohigrógrafo. Os dados de temperatura máxima e mínima e da umidade relativa do ar média estão apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.



**Figura 2. Médias mensais das temperaturas (°C) máxima (Max) e Mínima (Min) em ambiente de laboratório no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2010. UFV, Viçosa, MG, 2010.**



**Figura 3. Médias mensais da Umidade Relativa do Ar (%) em ambiente de laboratório no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2010. UFV, Viçosa, MG, 2010.**

Inicialmente e a cada 3 meses (0, 3, 6, 9 e 12 meses) as sementes foram submetidas às seguintes avaliações:

**Determinação do teor de água:** pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C, durante 24 horas, utilizando-se três sub-amostras para cada repetição, sendo os resultados expressos em

porcentagem (BRASIL, 2009). **Germinação:** as sementes, em quatro repetições de 50 (8 sub-amostras de 25 sementes) para cada tratamento, foram distribuídas sobre duas folhas de papel germitest<sup>®</sup> umedecido com quantidade de água equivalente a três vezes o peso do papel seco. Cobriu-se com uma folha, sendo confeccionados rolos que foram mantidos em germinador a 30 °C, sendo a avaliação final aos 10 dias de acordo com metodologia proposta por Martins et al. (2008). **Primeira contagem de germinação:** conduzido juntamente com o teste de germinação com a avaliação de plântulas normais realizada aos cinco dias após a instalação do teste. **Índice de velocidade de germinação:** O IVG foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962) a partir dos valores de germinação diários com início no estabelecimento do teste de germinação até a sua conclusão. **Comprimento da plântula:** distribuíram-se as sementes em quatro repetições de 20 (oito sub-amostras de 10 sementes) sobre uma linha traçada no terço superior do papel germitest umedecido (Krzyzanowski, 1999). A avaliação do comprimento da plântula (cm) com o auxílio de uma régua graduada foi realizada aos 10 dias após a instalação do teste conduzido nas mesmas condições do teste de germinação e os resultados foram expressos em cm/plântula. **Envelhecimento acelerado:** as sementes foram acondicionadas em camada única sobre tela de aço inox acoplada à caixa gerbox, a qual continha ao fundo 40 mL de água. As caixas foram tampadas e mantidas em incubadora tipo BOD a 42 °C por 72 horas (Oliveira, 2010). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, como descrito anteriormente, avaliando-se a porcentagem de plântulas normais aos cinco dias após a semeadura. **Teste de frio sem solo:** conduzido seguindo a mesma metodologia descrita para o teste de germinação, sendo que os rolos com as sementes permaneceram sete dias a 10°C e três dias a 30 °C, quando realizou-se a contagem das plântulas normais. **Emergência em solo:** semearam-se 200 sementes em 4 repetições de 50 em bandejas com 4 litros da mistura terra + areia (1:1), com semeadura a aproximadamente 1 cm de profundidade. As bandejas foram mantidas em condições de

laboratório até que a emergência das plântulas fosse estabilizada, fazendo-se a contagem do número de plântulas emergidas aos 25 dias após a semeadura. **Índice de velocidade de emergência (IVE)**: calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962) a partir dos valores obtidos nas contagens diárias do número de plântulas emergidas no teste de emergência em solo até a estabilização das contagens.

O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, analisado em sub-parcelas 5 X 6 (cinco épocas de avaliação X seis condições de armazenamento). Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo os dados quantitativos comparados por meio de análise de regressão e os qualitativos pelo teste de Tukey. A análise estatística dos dados foi realizada pelo programa Statistical Analysis System, SAS (SAS, 2009).

## **Resultados e Discussão**

O resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes para avaliação da qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento em diferentes condições é apresentado na Tabela 1. Observa-se que houve efeito ( $p < 0,01$ ) da interação entre as condições e o tempo de armazenamento em todas as variáveis estudadas.

**Tabela 1. Resumo da análise de variância relativa ao teor de umidade (U), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de plântula (CP), envelhecimento acelerado (EA), teste de frio (TF), , emergência (E) e índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de pinhão manso em função das condições de armazenamento ao longo de 12 meses. Viçosa, MG, 2011.**

FV	GL	Quadrado médio								
		U	G	PCG	IVG	CP	EA	TF	E	IVE
Condição (Cond)	5	0,64*	907,08*	1491,30*	29,43*	12,29*	2085,10*	1391,40*	1212,40*	5855,00*
Erro (A)	18	0,06	4,70	12,10	0,04	0,15	10,10	12,30	16,47	0,03
Tempo (Temp)	4	16,76*	1679,48*	5938,70*	54,39*	277,93*	3636,00*	3472,0*	2762,82*	34,83*
Cond*Temp	20	0,39*	4298,10*	242,90*	3,14*	3,14*	185,00*	168,9*	151,17*	0,81*
Erro (B)	72	0,10	4,22	6,10	0,02	0,07	5,6	8,30	6,87	0,05
Total	119									
CV (%) Cond		2,92	2,83	6,89	1,31	2,72	6,35	7,39	7,17	4,25
CV (%) Temp		3,47	2,68	4,62	0,97	1,89	4,72	6,08	4,63	5,17

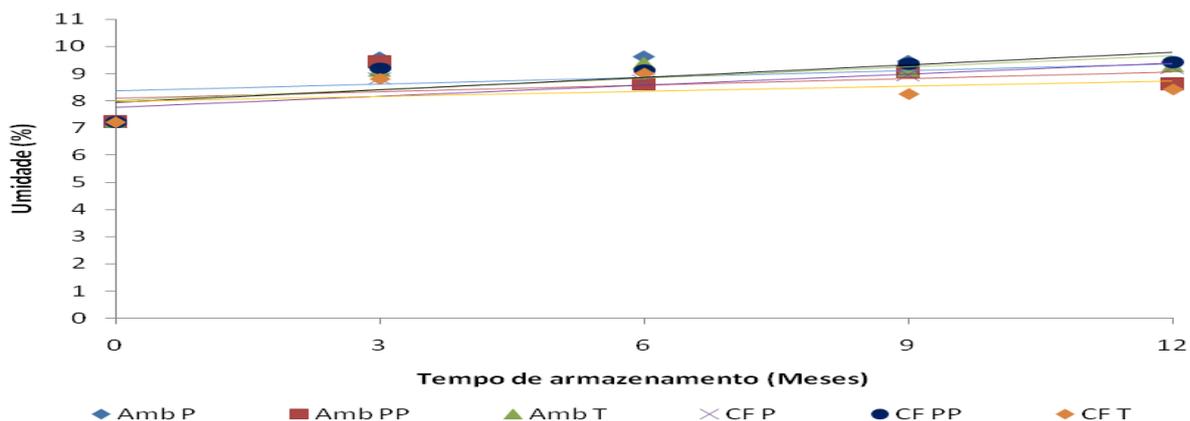
\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Para a análise de cada condição ao longo do tempo de armazenamento, observa-se na Tabela 2 e na Figura 4 que as sementes de pinhão manso apresentaram teor de água de 7,21% ao serem acondicionadas para o armazenamento. Após três meses de armazenamento, em todos os tratamentos, houve aumento no teor de água das sementes variando de 8,8 a 9,6%. A partir daí, observa-se que o teor de água nas sementes se manteve praticamente estável ao longo dos 12 meses de armazenamento com pequenas oscilações, embora em cada período analisado tenha sido observada diferença significativa entre os tratamentos. Para Almeida et al. (2002) a umidade está intimamente relacionada à conservação das sementes durante o armazenamento, pois interfere sua composição química e na velocidade das atividades metabólicas.

**Tabela 2. Teor de água (%) das sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	7,21	9,57a	9,61a	9,44a	8,52c
Ambiente + Polipropileno	7,21	9,44a	8,61b	9,05a	9,61bc
Ambiente + Tambor	7,21	9,12ab	9,39a	9,12a	9,29a
Câmara fria + Papel	7,21	8,81b	8,72b	8,95a	9,2ab
Câmara fria + Polipropileno	7,21	9,2ab	9,12ab	9,37a	9,43a
Câmara fria + Tambor	7,21	8,81b	9,01ab	8,25b	8,42c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 4. Teor de água das sementes (%) de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 8,37 + 0,08x$   $R^2 = 0,72$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 8,10 + 0,07x$   $R^2 = 0,84$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 7,99 + 0,13x$   $R^2 = 0,91$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 7,75 + 0,13x$   $R^2 = 0,92$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 7,98 + 0,19x$   $R^2 = 0,98$ ) e câmara fria em tambor de papelão – CF T ( $\hat{Y} = 8,10 + 0,04x$   $R^2 = 0,70$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

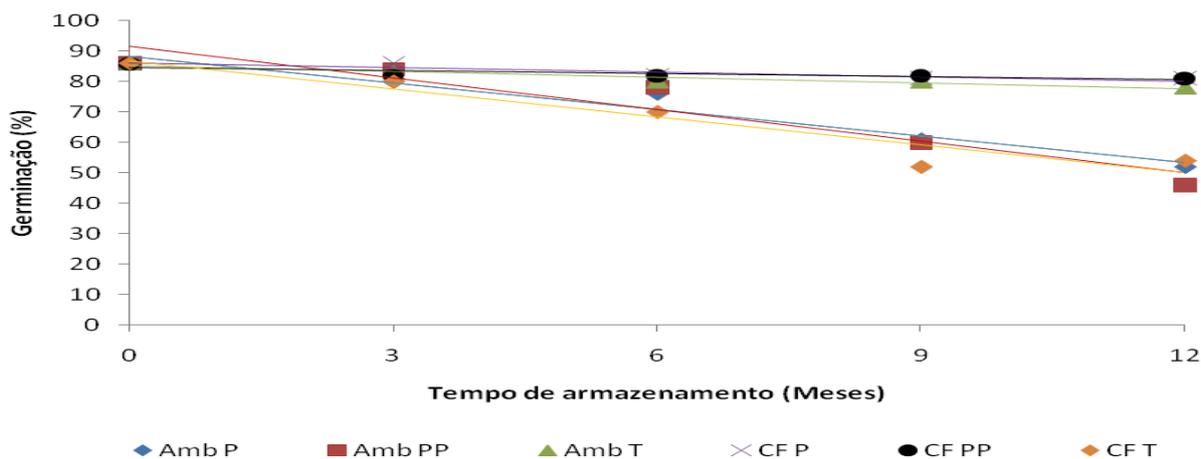
Sementes de pinhão manso armazenadas em câmara fria apresentaram germinação entre 86 e 81% ao longo dos doze meses de armazenamento quando acondicionadas em sacos de papel kraft e de polipropileno trançado (Tabela 3 e Figura 5). Porém, a germinação das sementes armazenadas em tambor de papelão em câmara fria diminuiu de 86, antes do armazenamento para, 54% ao final do período de armazenamento (12 meses). O armazenamento em ambiente natural reduziu a germinação das sementes para 52%, quando acondicionadas em sacos de papel kraft e para 46% em sacos de polipropileno trançado. Observa-se que a germinação das sementes acondicionadas em tambor de papelão em câmara fria foi mais estável ao longo do período de armazenamento quando foram mantidas em

ambiente natural de laboratório (Tabela 3 e Figura 5). Em todos os períodos avaliados, observou-se diferença entre os tratamentos testados, indicando que a condição em que a semente é armazenada influencia diretamente na qualidade da semente ao longo do armazenamento. Contudo, em geral, a partir dos 9 meses de armazenamento (Tabela 3) foi possível destacar de modo mais evidente as diferenças entre os tratamentos, com melhor germinação para as sementes acondicionadas em papel e polipropileno mantidas em câmara fria e para aquelas armazenadas em tambor em condição de ambiente, que foram superiores às dos demais tratamentos.

**Tabela 3. Germinação (%) das sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	86	80b	76b	61b	52b
Ambiente + Polipropileno	86	84ab	78ab	60b	46c
Ambiente + Tambor	86	83ab	80ab	80a	78a
Câmara fria + Papel	86	86a	82a	81a	81a
Câmara fria + Polipropileno	86	82ab	82a	82a	81a
Câmara fria + Tambor	86	80b	70c	68b	54b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 5. Germinação (%) de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 88,35 - 2,88x$   $R^2 = 0,95$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 91,6 - 3,47x$   $R^2 = 0,91$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 85,20 - 0,63x$   $R^2 = 0,92$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 86,10 - 0,48x$   $R^2 = 0,92$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 84,56 - 0,34x$   $R^2 = 0,76$ ) e câmara fria em tambor de papelão – CF T ( $\hat{Y} = 87,29 - 2,92x$   $R^2 = 0,98$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Mesmo em condições de baixa temperatura, sementes com alto teor de óleo podem ter sua germinação reduzida ao longo do armazenamento podendo perder completamente a capacidade germinativa após armazenadas por um ano (NAZREEN et al., 2000). Armazenando sementes de pinhão manso a 0°C por doze meses, Guzman e Aquino (2009) observaram, após um ano, que a germinação caiu de 96% para 55%. Já em condições de ambiente natural, depois dos doze meses de armazenamento, as sementes perderam sua capacidade de germinar. Para Carneiro e Aguiar (1993), a combinação de embalagens

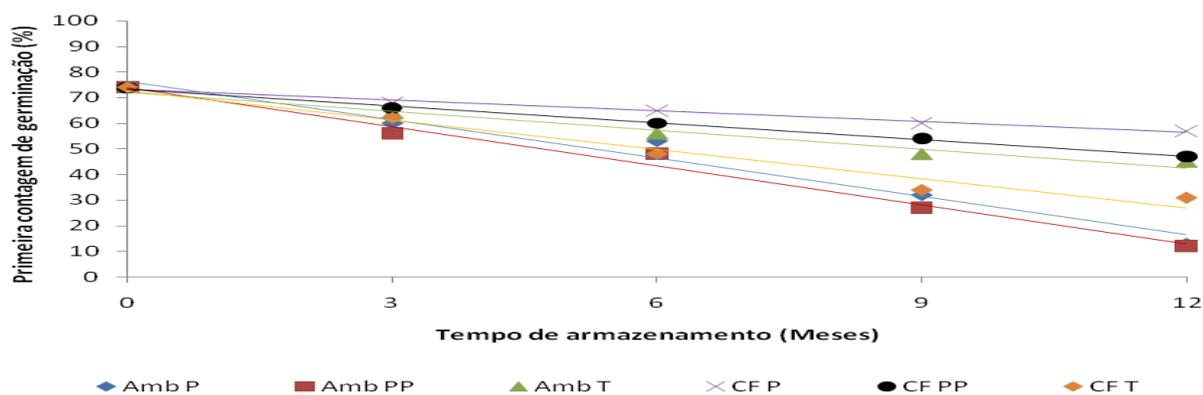
impermeáveis com altas temperaturas pode ser prejudicial à qualidade fisiológica das sementes armazenadas.

Os resultados de primeira contagem de germinação (Tabela 4 e Figura 6) demonstram uma tendência de redução do número de plântulas normais, que inicialmente foi de 74%, com o decorrer do armazenamento em todos os tratamentos testados. Após 12 meses de estocagem, redução mais acentuada foi observada em sementes armazenadas em ambiente natural e acondicionadas em sacos de papel Kraft (13%) e polipropileno trançado (12%). Pela Tabela 4 verifica-se já aos três meses de armazenamento pior desempenho para as sementes armazenadas em ambiente em polipropileno e papel e em câmara fria em tambor, comportamento este que se manteve até os 12 meses de armazenamento. Verifica-se que maior germinação na primeira contagem foi observada para as sementes mantidas em câmara fria embaladas em sacos de papel kraft durante todo o período de armazenamento. Sementes de pinhão manso armazenadas ao longo de seis meses tiveram sua germinação reduzida quando armazenadas em condições de ambiente em recipientes plásticos (WORANG et al., 2008). Quando as sementes da espécie foram submetidas ao armazenamento em condições de baixa temperatura a germinação foi praticamente mantida ao longo de 12 meses, em torno dos 90% de germinação (GUZMAN e AQUINO, 2009). Esses resultados corroboram com os observados no presente trabalho, demonstrando o efeito da temperatura do ambiente na manutenção da qualidade das sementes.

**Tabela 4. Primeira contagem de germinação (%) das sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	74	60cd	53cd	32de	13d
Ambiente + Polipropileno	74	56d	48d	27e	12d
Ambiente + Tambor	74	64abc	56bc	48c	45b
Câmara fria + Papel	74	68a	65a	60a	57a
Câmara fria + Polipropileno	74	66ab	60ab	54b	47b
Câmara fria + Tambor	74	62bc	48d	34d	31c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



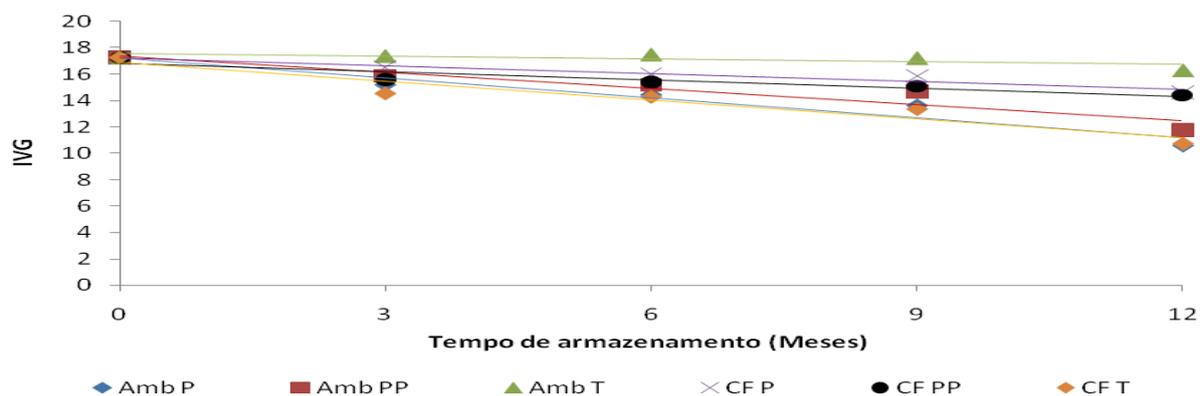
**Figura 6. Primeira contagem de Germinação (%) de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 76,50 - 5,01x$   $R^2 = 0,97$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 73,95 - 5,11x$   $R^2 = 0,98$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 72,35 - 2,52x$   $R^2 = 0,97$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 73,15 - 1,40x$   $R^2 = 0,98$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 73,21 - 2,17x$   $R^2 = 0,79$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 72,70 - 3,81x$   $R^2 = 0,96$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

O índice de velocidade de germinação (IVG), que indica que as sementes que germinam mais rápido apresentam maior vigor, também sofreu redução com o decorrer do armazenamento em todas as condições de armazenamento (Tabela 5 e Figura 7).

**Tabela 5. Índice de velocidade de germinação das sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	17,28	15,20d	14,44d	13,61e	10,57d
Ambiente + Polipropileno	17,28	15,86d	15,17c	14,66d	11,72c
Ambiente + Tambor	17,28	17,41a	17,52a	17,25a	16,31a
Câmara fria + Papel	17,28	16,52b	16,03b	15,89b	14,64b
Câmara fria + Polipropileno	17,28	15,62c	15,41c	15,11c	14,42b
Câmara fria + Tambor	17,28	14,56e	14,30d	13,38e	10,76d

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 7. Índice de velocidade de germinação de sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: Ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 17,22 - 2,05x$   $R^2 = 0,93$ ), Ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 17,14 - 0,41x$   $R^2 = 0,91$ ), Ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 17,57 - 0,06x$   $R^2 = 0,86$ ), Câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 17,25 - 0,25x$   $R^2 = 0,94$ ), Câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 16,87 - 0,21x$   $R^2 = 0,73$ ) e Câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 16,84 - 0,46x$   $R^2 = 0,93$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Inicialmente, o IVG das sementes de pinhão manso foi de 17,28. Assim como para a primeira contagem de germinação, também houve queda do IVG em todos os tratamentos avaliados e diferença significativa entre os efeitos de cada tratamento em cada época de avaliação (Tabela 5). Em geral, sementes acondicionadas em tambor e mantidas em ambiente tiveram maior velocidade de germinação em relação às dos demais tratamentos durante todo o armazenamento. Os menores valores de IVG foram obtidos, em geral, para as sementes armazenadas em câmara fria em tambor e em ambiente nas embalagens de papel e polipropileno. De acordo com Saturnino (2005), sementes oleaginosas, como as de pinhão manso apresentam uma redução natural da sua longevidade ao longo do armazenamento e por

isso devem ser acondicionadas em embalagens porosas quando armazenadas em condições de ambiente natural, a fim de se evitar perda muito acentuada do vigor. No entanto, no presente trabalho, ao se avaliar a velocidade de germinação das sementes de pinhão manso, observou-se melhor desempenho das sementes acondicionadas na embalagem menos porosa (tambor de papelão) em condições de ambiente natural. Scalon et al. (2006), trabalhando com sementes de jacarandá (*Jacaranda mimosaiifolia*) observaram maior IVG quando as sementes foram armazenadas sob temperatura ambiente em embalagens porosas. E Perez et al., (1999) observaram para as sementes de *Peltophorum dubim* (Spreng) Taubert (canafistula) mantidas em temperatura ambiente, diminuição da velocidade de germinação após 90 dias de armazenamento enquanto, sob refrigeração, no mesmo tipo de embalagem, manteve o IVG semelhante ao apresentado antes do armazenamento.

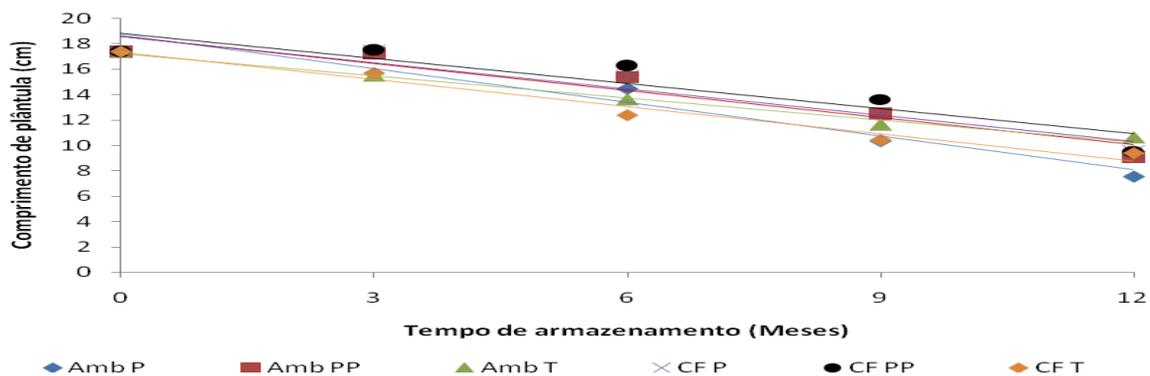
Na Tabela 6 e na Figura 8 encontram-se os valores do comprimento de plântulas de pinhão manso antes e ao longo do armazenamento em diferentes condições. No início do armazenamento (mês zero), as plântulas apresentaram comprimento médio de 17,41 cm, sendo este o maior valor observado. Verificou-se que, ao longo dos doze meses, redução no tamanho das plântulas em todos os tratamentos, indicando redução no vigor. Aos três meses de armazenamento, maiores comprimentos de plântulas foram obtidos para as sementes acondicionadas em papel e polipropileno tanto em ambiente como em câmara fria que foram significativamente superiores às mantidas em tambor em ambos os ambientes de armazenamento. Já aos 6 e 9 meses de armazenamento melhor desempenho foi observado para as sementes armazenadas em câmara fria em polipropileno principalmente em relação às mantidas em tambor. Ao final do armazenamento (12 meses) observa-se que plântulas maiores foram obtidas nos tratamentos ambiente + tambor enquanto as de menor tamanho ocorreram nos tratamentos ambiente + papel e câmara fria + tambor. Souza et al. (2005) também observaram uma redução no comprimento de plântulas provenientes de sementes de

*T. serratifolia* (pau-d'arco-amarelo) armazenadas em condição de ambiente e câmara fria ao longo do tempo de armazenamento.

**Tabela 6. Comprimento de plântulas (cm) de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	17,41	17,24a	14,48c	10,35d	7,56c
Ambiente + Polipropileno	17,41	17,27a	15,39b	12,51b	9,10b
Ambiente + Tambor	17,41	15,50b	13,62d	11,62c	10,60a
Câmara fria + Papel	17,41	17,45a	15,47b	12,47b	9,53b
Câmara fria + Polipropileno	17,41	17,40a	16,30a	13,61a	9,46b
Câmara fria + Tambor	17,41	15,70b	12,37e	10,40d	9,37b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 8. Comprimento de plântulas (cm) de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 18,73 - 0,89x$   $R^2 = 0,93$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 18,62 - 0,71x$   $R^2 = 0,92$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 17,25 - 0,58x$   $R^2 = 0,98$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 18,61 - 0,69x$   $R^2 = 0,91$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 18,64 - 0,64x$   $R^2 = 0,78$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 17,33 - 0,71x$   $R^2 = 0,86$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

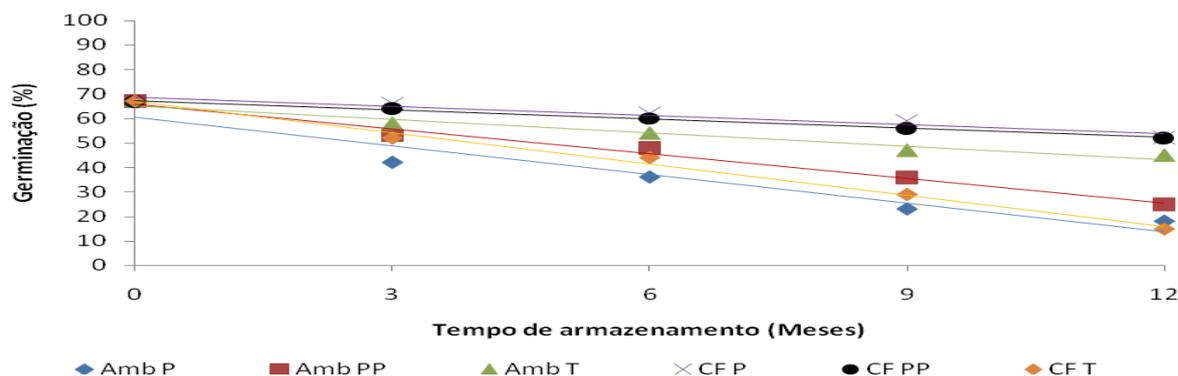
Pelos resultados do teste de envelhecimento acelerado, verifica-se que houve redução do vigor das sementes de todos os tratamentos com o decorrer do armazenamento (Figura 9), com maior redução para as sementes acondicionadas em polipropileno e tambor em ambiente, principalmente em relação àquelas mantidas em câmara fria em papel e polipropileno, onde a redução no vigor foi pouco expressiva. Estes resultados são confirmados pelos dados da Tabela 7, onde observa-se, durante todo o período de armazenamento, maior vigor para as sementes armazenadas em câmara fria em embalagens de papel e de polipropileno em relação às dos demais tratamentos. Aos 12 meses de armazenamento, menor vigor foi obtido para as sementes mantidas em ambiente em embalagem de papel e naquelas armazenadas em câmara

fria em tambor seguidas pelas armazenadas em ambiente em polipropileno. Apesar das sementes de pinhão manso terem apresentado valores de germinação ao longo do armazenamento próximo aos valores iniciais (Figura 5), o teste de vigor demonstram que, mesmo nas melhores condições de armazenamento, a qualidade das sementes foi afetada.

**Tabela 7. Germinação (%) após envelhecimento acelerado de sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	67	42d	36d	24d	18d
Ambiente + Polipropileno	67	53bc	48c	36c	25c
Ambiente + Tambor	67	58b	54b	47b	45b
Câmara fria + Papel	67	66a	62a	59a	52a
Câmara fria + Polipropileno	67	64a	60a	56a	52a
Câmara fria + Tambor	67	52c	44c	29d	15d

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 9. Germinação (%) de sementes de pinhão manso submetidas ao teste de envelhecimento acelerado ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 60,60 - 3,37x$   $R^2 = 0,92$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 60,60 - 3,87x$   $R^2 = 0,92$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 66,00 - 3,37x$   $R^2 = 0,98$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 65,20 - 1,83x$   $R^2 = 0,96$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 67,48 - 1,27x$   $R^2 = 0,75$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 66,35 - 4,21x$   $R^2 = 0,86$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

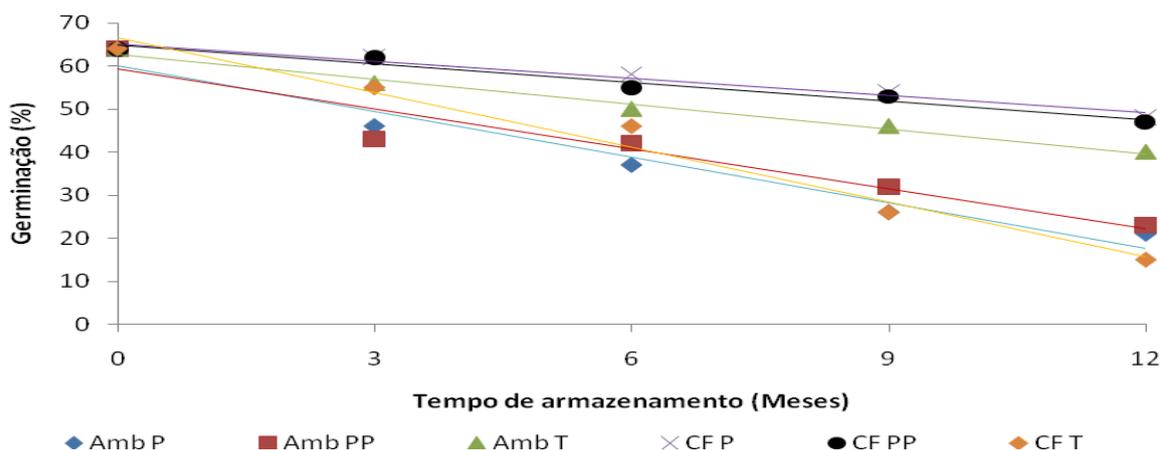
A Tabela 8 e a Figura 10 trazem os resultados obtidos na avaliação do vigor das sementes de pinhão manso pelo teste de frio sem solo. Nota-se que comportamento semelhante ao observado nos demais testes de vigor (primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado), Figuras 6, 7 e 9 respectivamente, com desempenho superior ao longo do armazenamento para as sementes mantidas em câmara fria em sacos de papel kraft e de polipropileno trançado e para aquelas acondicionadas em tambor de papelão e mantidas em ambiente natural de laboratório. Pior desempenho também foi observado para as sementes em ambiente acondicionadas em papel e polipropileno e em

câmara fria em tambor. Avaliando separadamente cada época de armazenamento (Tabela 8), observa-se que as sementes mantidas em câmara fria, independente da embalagem, tiveram melhor conservação ao longo do armazenamento, e que o tambor de papelão não foi adequado para a manutenção da qualidade das sementes mesmo sob temperaturas baixas (câmara fria) não diferindo da condição de ambiente nas embalagens papel e polipropileno. Para Copeland e Mc Donald (2001), sementes com alto teor lipídico tendem a sofrer redução natural do seu vigor ao longo do armazenamento, mesmo em condições consideradas favoráveis, muito maior do que as amiláceas, mesmo que a germinação continue próxima aos valores apresentados antes do armazenamento.

**Tabela 8. Germinação (%) no teste de frio de sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	64	46c	37e	26c	21cd
Ambiente + Polipropileno	64	43c	42de	32c	23c
Ambiente + Tambor	64	56ab	50bc	46b	40b
Câmara fria + Papel	64	62a	58a	54a	48a
Câmara fria + Polipropileno	64	57ab	55ab	53a	47a
Câmara fria + Tambor	64	55b	46cd	26c	15d

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 10. Germinação (%) de sementes de pinhão manso submetidas ao teste de frio ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 60,00 - 3,53x$   $R^2 = 0,96$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 59,40 - 3,41x$   $R^2 = 0,92$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 62,80 - 1,93x$   $R^2 = 0,99$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 65,20 - 1,33x$   $R^2 = 0,97$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 62,69 - 1,25x$   $R^2 = 0,75$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 67,31 - 4,32x$   $R^2 = 0,88$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

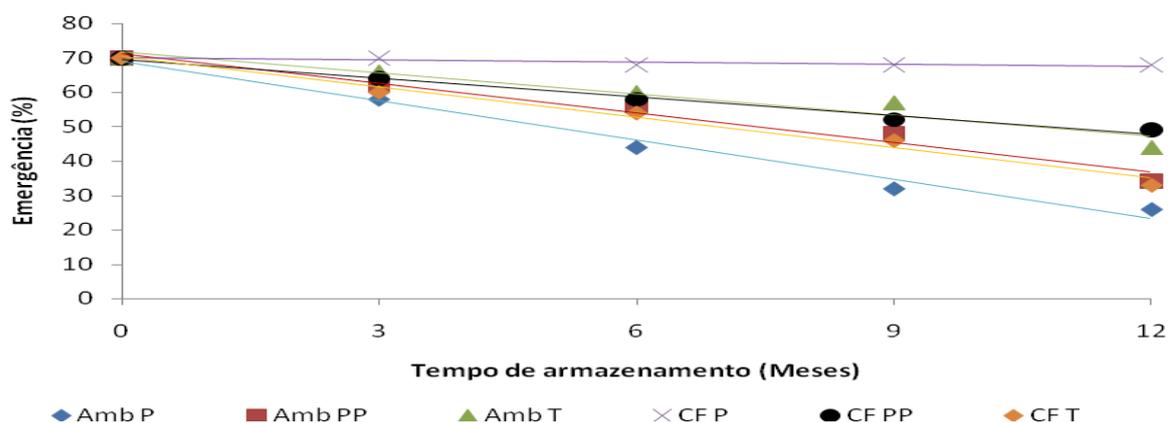
Pela Figura 11 verifica-se que a emergência de plântulas de pinhão manso armazenadas em sacos de papel kraft em câmara fria praticamente foi mantida durante os 12 meses de armazenamento, enquanto nos demais tratamentos observa-se redução da emergência com o decorrer do tempo, com redução mais acentuada para os tratamentos ambiente + papel, ambiente + polipropileno e câmara fria + tambor a partir dos três meses de armazenamento. Estes resultados são confirmados pela Tabela 9, onde observa-se, em todas as épocas de armazenamento, maior emergência de plântulas para as sementes mantidas em

câmara fria em embalagem de papel e pior desempenho para os mesmos tratamentos mencionados para a Figura 11.

**Tabela 9. Emergência (%) de plântulas de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	70	58c	44c	32d	26d
Ambiente + Polipropileno	70	62bc	56b	48c	34c
Ambiente + Tambor	70	66ab	60b	57b	44b
Câmara fria + Papel	70	70a	68a	68a	68a
Câmara fria + Polipropileno	70	64abc	58b	52bc	49b
Câmara fria + Tambor	70	60bc	54b	46c	33c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 11. Emergência (%) de plântulas de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 68,8 - 3,8x$   $R^2 = 0,98$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 71,2 - 2,86x$   $R^2 = 0,97$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 71,6 - 2,03x$   $R^2 = 0,93$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 70,23 - 1,33x$   $R^2 = 0,98$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 68,48 - 1,81x$   $R^2 = 0,74$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 70,23 - 2,94x$   $R^2 = 0,86$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

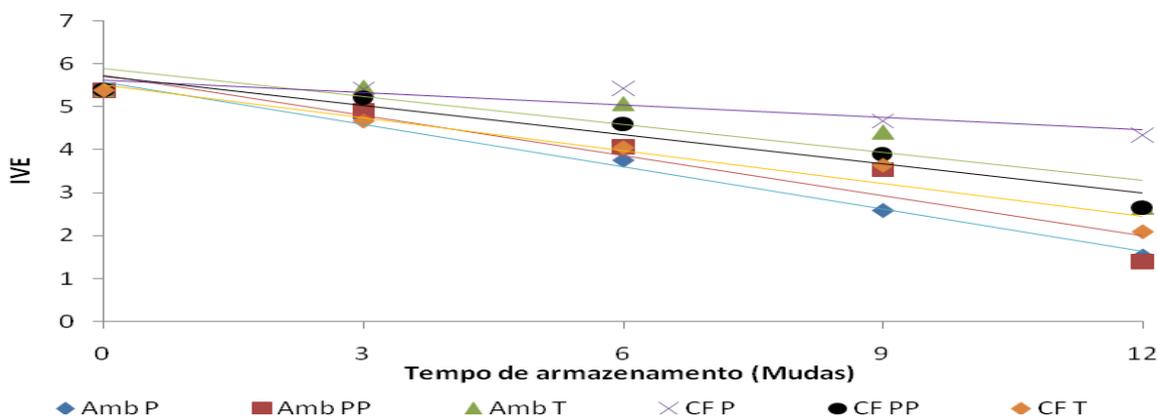
Os resultados obtidos para o índice de velocidade de emergência (IVE, Figura 12 e Tabela 10) foi semelhante aos observados na maioria dos demais testes de vigor, ocorrendo redução da qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento. Menor redução no índice de velocidade de emergência foi observada em sementes estocadas em câmara fria e acondicionadas em papel kraft após os 12 meses. Os piores desempenhos foram observados nas sementes mantidas em ambiente em polipropileno, seguidas por aquelas em câmara fria em tambor aos 12 meses de armazenamento (Tabela 10). Resultados apresentados por Paula et al. (1997), que trabalharam com sementes de seringueira, mostraram que a baixa temperatura de armazenamento foi mais eficaz em manter a viabilidade das sementes do que

temperatura ambiente. Para sementes de mamona armazenadas em papel kraft em condições de ambiente natural por um ano, Fanan et al. (2009) não encontraram grandes variações na emergência de plântulas ao longo do período de armazenamento.

**Tabela 10. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	5,39	4,73c	3,76c	2,59c	1,53d
Ambiente + Polipropileno	5,39	4,91bc	4,07c	3,54b	1,40d
Ambiente + Tambor	5,39	5,44a	5,06a	4,40a	2,65b
Câmara fria + Papel	5,39	5,40a	5,43a	4,66a	4,33a
Câmara fria + Polipropileno	5,39	5,21ab	4,59b	3,89b	2,64b
Câmara fria + Tambor	5,39	4,67c	4,05c	3,64b	2,09c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 12. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 5,66 - 0,34x$   $R^2 = 0,99$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 5,82 - 0,32x$   $R^2 = 0,91$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 5,98 - 0,23x$   $R^2 = 0,83$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 5,71 - 0,11x$   $R^2 = 0,85$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 5,76 - 0,23x$   $R^2 = 0,73$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 5,59 - 0,26x$   $R^2 = 0,71$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

De acordo com Matthews (1985), a consequência final do processo de deterioração das sementes é a redução dos valores de germinação, entretanto, antes que a porcentagem de germinação seja afetada ocorre redução na velocidade de germinação, na emergência de plântulas em campo, na tolerância ao estresse e no potencial de armazenamento das sementes, de modo que, por meio dos testes de vigor pode-se detectar reduções mais sutis da qualidade das sementes, o que nem sempre é possível pelo teste de germinação que detecta a deterioração já em sua fase final. Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam este fato. Pelos resultados de germinação (Tabela 3 e Figura 5), destacaram-se as sementes armazenadas em câmara fria em embalagens de papel e polipropileno e em ambiente em

tambor que não diferiram entre si aos 12 meses de armazenamento. Já pela maioria dos testes de vigor, foi possível destacar, de modo geral, melhor qualidade fisiológica para as sementes mantidas em câmara fria embalagens de papel (Tabelas 4, 9 e 10) e em papel ou polipropileno (Tabelas 7 e 8) e naquelas armazenadas em ambiente em tambor de papelão (Tabelas 5 e 6).

## **Conclusões**

Houve redução na germinação e no vigor de sementes de pinhão manso durante o armazenamento.

A redução foi mais acentuada para as sementes mantidas em condição de ambiente em saco de papel kraft ou de polipropileno trançado e em câmara fria quando acondicionadas em tambor de papelão.

As condições mais adequadas para o armazenamento das sementes de pinhão manso são o acondicionamento em embalagens de papel kraft ou de polipropileno trançado em câmara fria e em condição de ambiente no tambor de papelão.

## **Bibliografia**

AGUIAR, I.B. Conservação de sementes. In: SILVA, A.; PINÃ-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). **Manual técnico de sementes florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1995. p.33-44. (Série Registros, 14).

ALMEIDA, F. A. C.; MORAIS, A. M. DE; CARVALHO, J.M.F.C.; GOUVEIA, J.P.G. Crioconservação de sementes de mamona das variedades nordestina e pernambucana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p. 295-302, 2002.

ARRUDA, F.P. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas L.*) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. MAPA/ACS, Brasília, DF, 2009. 399p.

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

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

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 4th ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. 430p.

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**, v.31, n.1, p.150-159, 2009.

GUZMAN, L. E.P; AQUINO, A.L. Seed Characteristics and Storage Behavior of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.), **Philippine Journal of Crop Science (PJCS)**, v.34, n.1, p.13-21, 2009.

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

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

MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; CAVASINI, R. Temperatura e Substrato para o Teste de Germinação de Sementes de Pinhão-Manso. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p. 863-868. 2008.

MATTHEWS, S. Physiology of seed ageing. **Outlook on Agriculture**, v.14, n.2, p.89-94, 1985.

NAZREEN, .S.; KHAN, B.R.; MOHMAND, A.S. The effect of storage temperature, storage period and seed moisture content on seed viability of soybean. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. v.3, n.12, p.2003-2004, 2000.

OLIVEIRA, G.L. Testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). 2010. 76f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal)) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

PAULA, N.F.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; PAULA, R.C.; Alterações fisiológicas em sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.326-333, 1997.

PEREZ, S.C.J.G.A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Influência do armazenamento, substrato, envelhecimento precoce e profundidade de semeadura na germinação de canafístula (*Peltophorum dubim* (Spreng) Taubert). **Bragantia**, v.58, n.1, p.57-68, 1999.

SAS. **SAS Programming 9.3**. Cary: SAS, 2009. Software

SATURNINO, H.M. Cultura do pinhão-manso. **Informe Agropecuário**, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

SCALON, S. de P.Q.; MUSSURY, R.M.; FILHO, H.S.; FRANCELINO, C.S.F.; FLORENCIO, D.K.A. Armazenamento e tratamentos pré-germinativos em sementes de Jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.179-185, 2006.

WORANG, R.L.; DHARMAPUTRA, O.S.; SYARIEF, R.; MIFTAHUDIN, S. The quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds packed in plastic material during storage. **Biotropia**, v.15, n.1, p.25 – 36, 2008.

## **CAPÍTULO II: Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de pinhão manso durante o armazenamento<sup>1</sup>**

Márcio Dias Pereira<sup>2</sup>, Denise Cunha F. S. Dias<sup>3</sup>, Eduardo E. L. Borges<sup>4</sup>, Sebastião Martins Filho<sup>5</sup>, Luiz A. dos S. Dias<sup>6</sup>.

**Resumo** – O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma espécie da família *Euphorbiaceae* conhecida pelo alto teor de óleo nas sementes, sendo considerada promissora para a produção de bicomustível. Considerando que sementes oleaginosas são geralmente de difícil conservação no armazenamento, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações fisiológicas e bioquímicas das sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses de armazenamento. Para tanto, as sementes foram acondicionadas em três diferentes embalagens (papel kraft, polipropileno trançado e tambor de papelão) e armazenadas em dois ambientes distintos (câmara fria e ambiente natural de laboratório) ao longo de um ano. Aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, as sementes foram submetidas aos seguintes testes e determinações: teor de água, germinação, envelhecimento acelerado, teor de lipídios, de amido, de açúcares solúveis e de proteínas no embrião e endosperma. A germinação e o vigor das sementes de pinhão manso foram influenciados pelo local e embalagem de armazenamento das sementes, sendo a embalagem de papel kraft e de polipropileno em câmara fria e o tambor de papelão em ambiente de laboratório as melhores condições para se preservar a qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento. Houve aumento dos teores de lipídios no embrião e no endosperma das sementes com o decorrer do armazenamento em todas as condições testadas. Os teores de amido, açúcares solúveis totais e proteínas decresceram ao longo do armazenamento de forma mais acentuada nas sementes acondicionadas em papel kraft e polipropileno trançado mantidas em condição de ambiente e em câmara fria no tambor de papelão. A redução da qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso está relacionada

ao aumento dos teores de lipídios, bem como da redução dos níveis de amido, açúcares solúveis totais e proteínas durante o armazenamento.

**Palavras-chave:** *Jatropha curcas*, sementes, deterioração, armazenamento.

### **Physiological and Biochemical changes in *Jatropha curcas* L. seeds during storage**

**Abstract** – *Jatropha curcas* is a specie of the *Euphorbiaceae* family known for its high oil content in seeds, an important characteristic for the species to be considered promising for the production of biofuels in Brazil. Whereas oilseeds are generally difficult to conserve storage, the objective was to evaluate the physiological and biochemical characteristics of *Jatropha* seeds over 12 months of storage. For this, the seeds were placed in three different packages (kraft paper, polypropylene and braided fiber drum) and stored in two different environments (cold and natural laboratory environment) over a year. At 0, 3, 6, 9 and 12 months of storage, seeds were subjected to the following tests and determinations: moisture, germination, accelerated aging and lipids, starch, soluble sugars and proteins in the embryo and endosperm, in addition to malondialdehyde content in whole shelled seed. The water content of seeds suffered slight increase during the storage in all treatments. Seed germination and vigor were reduced during the storage and the treatments: kraft paper bag and woven polypropylene bags in a cold chamber and barrel of fiber in its natural environment. The reduction of the physiological quality of seeds of *Jatropha curcas* is related to increased levels of lipids and MDA, as well as lower levels of starch, soluble sugars and proteins during storage.

**Keywords:** *Jatropha curcas*, seeds, deterioration, storage.

### **Introdução**

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma oleaginosa da família *Euphorbiaceae* considerada rústica e resistente à seca, que vem se destacando como alternativa promissora

para atender ao Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel – PNPB lançado pelo Governo Federal em 2003. Suas sementes são ricas em óleo (cerca de 38%) que é de excelente qualidade e atende aos padrões exigidos para a produção de biodiesel.

Sementes ricas em óleo são, geralmente, mais propensas à deterioração durante o armazenamento, que é representada por uma série de alterações bioquímicas e metabólicas que acarretam modificações no potencial fisiológico das sementes, culminando com a sua morte. Dentre estas alterações destacam-se: mudanças na atividade respiratória e enzimática, nas membranas celulares e cromossomos, nos processos de síntese e nos compostos de reserva (Abdul-Baki e Anderson, 1972). Assim, a evolução do processo de deterioração pode ser monitorada através de alterações nos constituintes químicos como carboidratos, lipídios e proteínas.

Os carboidratos são um dos principais constituintes da maioria das sementes. De acordo com Bewley e Black (1994), em oleaginosas há acúmulo de amido nos cotilédones durante o desenvolvimento das sementes. Entretanto, pouco amido permanece na semente porque esse carboidrato é mobilizado para fornecer esqueletos de carbono para síntese de proteínas e de lipídios. Além do amido, os açúcares não redutores e os redutores também estão presentes nas sementes em quantidade considerável (LEPRINCE et al., 1990).

Segundo Abdul-Baki e Anderson (1972), uma das principais alterações associadas à deterioração das sementes é o aumento dos teores de ácidos graxos livres nas células. Para esses autores, a acidificação é responsável pelo aumento de ácidos graxos, de fosfatos ácidos e de aminoácidos, produzidos pela ação das lípases, das fitases e das proteases, respectivamente. Entre os três grupos de compostos, o maior e o mais rápido aumento ocorre nos ácidos graxos (SMITH e BERJAK, 1995).

A redução no conteúdo de proteínas durante o envelhecimento pode ser devido a um extensivo dano no sistema de síntese de proteínas (ESPÍNDOLA et al., 1994) ou devido à

síntese ou ativação de grande quantidade de enzimas proteolíticas (BEWLEY e BLACK, 1982). Segundo Misra e Kar (1990), o aumento da atividade de proteases resulta em um concomitante declínio no conteúdo de proteínas de armazenamento e enzimáticas.

Todas estas alterações decorrentes da deterioração podem ser intensificadas pelas condições de armazenamento. Os fatores ambientais que mais influenciam a longevidade das sementes são a umidade relativa do ar e a temperatura (COPELAND e McDONALD, 1995). A qualidade fisiológica de sementes armazenadas está relacionada ao tipo de embalagem empregado. Quando as sementes são armazenadas em embalagens permeáveis, seu teor de umidade varia conforme as variações da umidade do ar. Em embalagens semipermeáveis há alguma resistência às trocas, porém nada que impeça completamente a passagem da umidade e, em embalagens impermeáveis não há influência da umidade do ar externo sobre a semente (POPINIGS, 1985). Dessa maneira, sementes de *Phaseolus vulgaris* acondicionadas em saco de pano e papel multifoliado, armazenadas em ambiente natural, apresentaram maiores oscilações nos níveis de umidade do que aquelas armazenadas em saco de polietileno em câmara úmida (LOPES e CAPUCHO, 1993).

Há alguns relatos na literatura sobre armazenamento de sementes de pinhão manso. Guzman e Aquino (2009) verificaram que sementes de pinhão manso armazenadas em câmara fria apresentaram melhor conservação após um ano, do que aquelas estocadas em ambiente natural. Quando armazenaram as sementes dessa espécie por seis meses, Worang et al. (2008) observaram uma redução acentuada da qualidade fisiológica quando submetidas a ambiente natural em sacos plásticos durante este período.

Contudo, as informações referentes às mudanças metabólicas, especialmente àquelas relacionadas ao metabolismo dos compostos de reserva decorrentes da deterioração nestas sementes ainda são escassas. Diante disto, o presente trabalho teve como objetivo determinar

as alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de pinhão manso durante o armazenamento.

## Material e Métodos

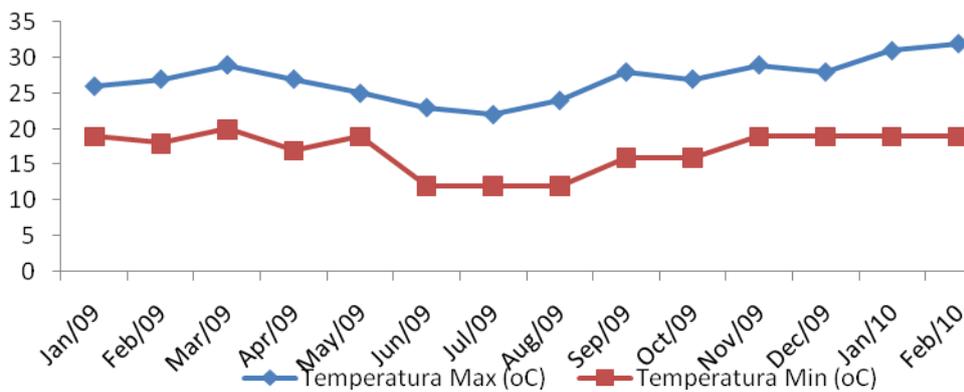
Utilizaram-se sementes de pinhão manso recém-colhidas provenientes da região de Janaúba, norte de Minas Gerais, que foram secas naturalmente até atingirem grau de umidade de aproximadamente 7,21%. As sementes foram tratadas com o fungicida Captan 50 (135 g/100 sementes) sendo, em seguida, acondicionadas em três tipos de embalagens: sacos de papel kraft (Figura 1a), de polipropileno trançado (Figura 1b) e em tambor de papelão (Figura 1c), com 4 kg de sementes em cada embalagem. Os sacos de papel e de polipropileno trançado foram fechados realizando-se duas dobras na abertura superior e grampeando-se em seguida, e o tambor de papelão foi tampado.



**Figura 1. Embalagens utilizadas durante o armazenamento de sementes de pinhão manso. Sacos de papel kraft (a), de polipropileno trançado (b) e tambor de papelão (c). UFV, Viçosa, MG, 2010.**

As sementes acondicionadas nas respectivas embalagens foram armazenadas em condições de ambiente, no Laboratório de Pesquisa em Sementes do DEF/UFV e em câmara fria (aproximadamente 5 °C e 60% UR), por 12 meses, a partir de janeiro de 2009 até

fevereiro de 2010. Deste modo, seis condições de armazenamento foram avaliadas: ambiente em câmara fria em sacos de papel (Amb P), ambiente em sacos de polipropileno (Amb PP), ambiente em tambor de papelão (Amb T), câmara fria em sacos e papel (CF P), câmara fria em sacos de polipropileno (CF PP) e câmara fria em tambor de papelão (CF T). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente do laboratório de sementes foi realizado durante todo o período por meio de registro em um termohigrógrafo. Os dados de temperatura máxima e mínima e da umidade relativa do ar média estão apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.



**Figura 2. Médias mensais das temperaturas (°C) máxima (Max) e Mínima (Min) em ambiente de laboratório no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2010. UFV, Viçosa, MG, 2010.**



**Figura 3. Médias mensais da Umidade Relativa do Ar (%) em ambiente de laboratório no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2010. UFV, Viçosa, MG, 2010.**

Inicialmente e a cada 3 meses (0, 3, 6, 9 e 12 meses) as sementes foram submetidas às seguintes avaliações: **Determinação do teor de água:** pelo método da estufa a  $105\pm 3$  °C, durante 24 horas, utilizando-se três sub-amostras para cada repetição, sendo os resultados expressos em porcentagem (BRASIL, 2009). **Germinação:** as sementes, em quatro repetições de 50 (8 sub-amostras de 25 sementes) para cada tratamento, foram distribuídas sobre duas folhas de papel germitest<sup>®</sup> umedecido com quantidade de água equivalente a três vezes o peso do papel seco. Cobriu-se com uma folha, sendo confeccionados rolos que foram mantidos em germinador a 30 °C, sendo a avaliação final aos 10 dias de acordo com metodologia proposta por Martins et al. (2008). **Envelhecimento acelerado:** as sementes foram acondicionadas em camada única sobre tela de aço inox acoplada à caixa gerbox, a qual continha ao fundo 40 mL de água. As caixas foram tampadas e mantidas em incubadora tipo BOD a 42 °C por 72 horas (OLIVEIRA, 2010). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, como descrito anteriormente, avaliando-se a porcentagem de plântulas normais aos cinco dias após a semeadura.

Para as determinações bioquímicas, foram utilizados o embrião e o endosperma das sementes, cujo tegumento foi removido com o auxílio de um estilete, separando-se as suas

estruturas. Os embriões e os endospermas foram macerados separadamente em almofariz de porcelana. As amostras utilizadas para a extração de lipídios foram colocadas em cartuchos de papel-filtro, pesadas e transferidas para conjunto Soxhlet por um período de 24 horas. A extração foi feita a frio, com éter de petróleo (SILVA, 1990). A extração dos açúcares redutores foi feita em banho-maria (BUCKERIDG e DIETRICH, 1990). Após cada extração a mistura foi centrifugada, retirando-se o sobrenadante, que foi usado na quantificação de açúcares solúveis totais pelo método colorimétrico (DUBOIS et al., 1956). Após a extração dos açúcares solúveis a amostra foi seca em estufa a 45 °C, por 48 horas, e submetida à digestão com ácido perclórico a 35% por 15 minutos. Após a digestão as amostras foram centrifugadas a 5.000RPM por 10 minutos e o sobrenadante utilizado para quantificação colorimétrica de amido em espectrofotômetro a 490 nm (PASSOS, 1989). A extração de proteína solúvel foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Alfenas (1991) e a quantificação efetuada de acordo com Bradford (1976).

O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, analisado em sub-parcelas 5 X 6 (cinco épocas de avaliação X seis condições de armazenamento). Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo os dados quantitativos comparados por meio de análise de regressão e os qualitativos, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise estatística dos dados foi realizada pelo programa Statistical Analysis Sistem, SAS (SAS, 2009).

## **Resultados e Discussão**

O resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes para avaliação da das alterações fisiológicas e na composição bioquímica das sementes durante o armazenamento em diferentes condições é apresentado na Tabela 1. Observa-se que houve efeito ( $p < 0,01$ ) da interação entre as condições e o tempo de armazenamento em todas as variáveis estudadas.

**Tabela 1. Resumo da análise de variância relativa ao teor de umidade (U), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), teor de lipídio no embrião (LEB) e no endosperma (LED), teor de amido no embrião (AMEB) e no endosperma (AMED), teor de açúcares totais no embrião (AÇEB) e no endosperma e teor de proteínas no embrião (PEB) e no endosperma (PED) de sementes de pinhão manso em função das condições de armazenamento ao longo de 12 meses. Viçosa, MG, 2011.**

FV	G L	Quadrado médio										
		U	G	EA	LEB	LED	AMEB	AMED	AÇEB	AÇED	PEB	PED
Condição (Cond)	5	0,64*	907,08*	2085,10*	117,53*	9,02*	36604,00*	6664,00*	1627,70*	338,83*	2527,20*	125,60*
Erro (A)	18	0,06	4,70	10,10	0,38	0,34	10,00	2,00	2,10	2,19	1,20	1,90
Tempo (Temp)	4	16,76*	1679,48*	3636,00*	347,72*	262,99*	143613,00*	43477,00*	5912,80*	1834,95*	7775,7*	5290,60*
Cond*Temp	20	0,39*	4298,1*	185,00*	10,50*	3,28*	68,739*	820,00*	186,60*	141,70*	385,6*	22,50*
Erro (B)	72	0,10	4,22	5,6	0,38	0,17	5,00	2,00	1,20	1,29	1,2	1,20
Total	11 9											
CV (%) Cond		2,92	2,83	6,35	1,00	0,92	0,56	0,39	1,07	1,55	0,88	1,38
CV (%) Temp		3,47	2,68	4,72	1,01	0,64	0,38	0,37	0,81	1,19	0,89	1,09

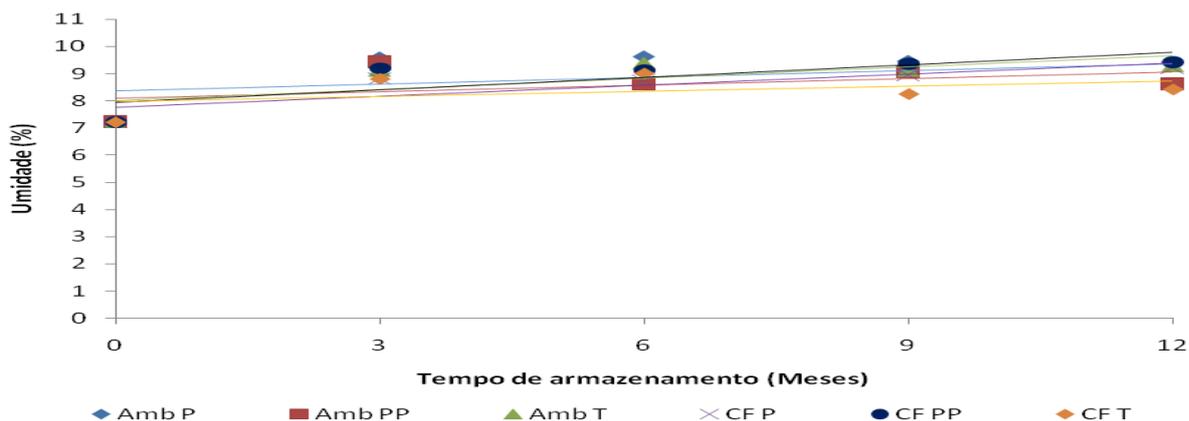
\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O teor de água inicial das sementes de pinhão manso foi de 7,21%. Após três meses de armazenamento, em todos os tratamentos, houve aumento no teor de água das sementes variando de 8,8 a 9,57% (Tabela 2 e Figura 4). Após o terceiro mês, observa-se que a umidade das sementes se manteve praticamente estável ao longo dos 12 meses de armazenamento com pequenas oscilações. A umidade da semente é importante, pois está intimamente ligada às reações metabólicas que comandam os processos de germinação e deterioração, o que pode ser alterado ao longo do armazenamento se as condições não forem as ideais (MARCOS FILHO, 2005).

**Tabela 2. Teor de água (%)de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	7,21	9,57a	9,61a	9,44a	8,52c
Ambiente + Polipropileno	7,21	9,44a	8,61b	9,05a	9,61bc
Ambiente + Tambor	7,21	9,12ab	9,39a	9,12a	9,29a
Câmara fria + Papel	7,21	8,81b	8,72b	8,95a	9,2ab
Câmara fria + Polipropileno	7,21	9,2ab	9,12ab	9,37a	9,43a
Câmara fria + Tambor	7,21	8,81b	9,01ab	8,25b	8,42c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 4. Teor de água das sementes (%) de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 8,37 + 0,08x$   $R^2 = 0,72$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 8,10 + 0,07x$   $R^2 = 0,84$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 7,99 + 0,13x$   $R^2 = 0,91$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 7,75 + 0,13x$   $R^2 = 0,92$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 7,98 + 0,19x$   $R^2 = 0,98$ ) e câmara fria em tambor de papelão – CFT ( $\hat{Y} = 8,10 + 0,04x$   $R^2 = 0,70$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

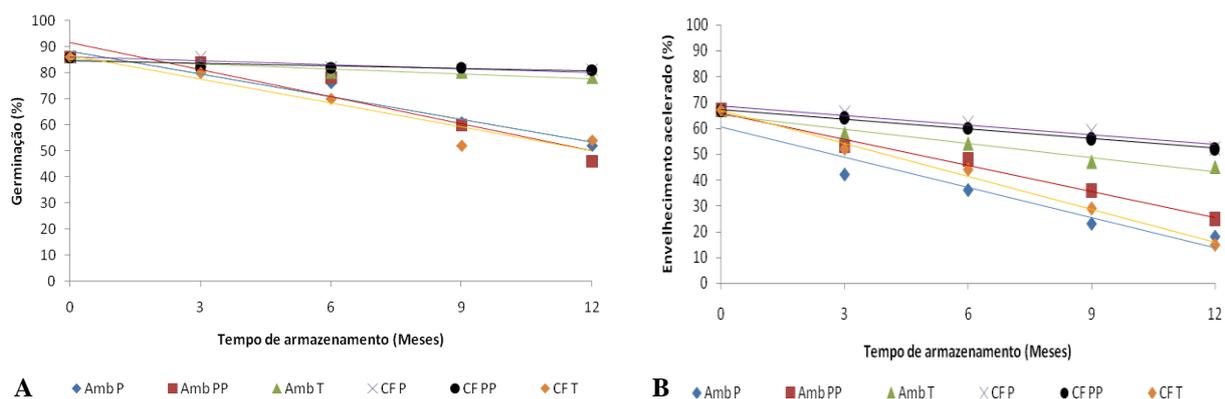
As sementes de pinhão manso armazenadas em câmara fria apresentaram germinação entre 88 e 81% ao longo dos doze meses de armazenamento quando acondicionadas em sacolas de papel kraft e sacos de polipropileno trançado (Tabela 3 e Figura 5-A). Porém, a germinação das sementes armazenadas em tambor de papelão em câmara fria diminuiu de 88 antes do armazenamento para 54% ao final do período de armazenamento (12 meses). O armazenamento em ambiente natural reduziu a germinação das sementes para 52% quando acondicionadas em sacos de papel kraft e para 46% em sacos de polipropileno trançado. Observa-se que a germinação das sementes acondicionadas em tambor de papelão foi mais estável ao longo do período de armazenamento quando foram mantidas em ambiente natural

de laboratório, não apresentando diferença significativa dos tratamentos câmara fria em saco de papel Kraft e polipropileno trançado (Tabela 3 e Figura 5-A).

**Tabela 3. Germinação e envelhecimento acelerado de sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Germinação (%)							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
Ambiente + Papel	86	80b	76b	61b	52b	$\hat{Y} = 88,35 - 2,88x$	0,95
Ambiente + Polipropileno	86	84ab	78ab	60b	46c	$\hat{Y} = 91,6 - 3,47x$	0,91
Ambiente + Tambor	86	83ab	80ab	80a	78a	$\hat{Y} = 85,2 - 0,63x$	0,92
Câmara fria + Papel	86	86a	82a	81a	81a	$\hat{Y} = 86,1 - 0,48x$	0,82
Câmara fria + Polipropileno	86	82ab	82a	82a	81a	$\hat{Y} = 84,56 - 0,34x$	0,02
Câmara fria + Tambor	86	80b	70c	88b	54b	$\hat{Y} = 87,29 - 2,92x$	0,98
Envelhecimento acelerado (%)							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
Ambiente + Papel	67	42d	36d	24d	18d	$\hat{Y} = 60,6 - 3,87x$	0,92
Ambiente + Polipropileno	67	53bc	48c	36c	25c	$\hat{Y} = 66 - 3,37x$	0,98
Ambiente + Tambor	67	58b	54b	47b	45b	$\hat{Y} = 65,2 - 1,83x$	0,96
Câmara fria + Papel	67	66a	62a	59a	52a	$\hat{Y} = 68,7 - 1,27x$	0,92
Câmara fria + Polipropileno	67	64a	60a	56a	52a	$\hat{Y} = 67,48 - 1,27x$	0,75
Câmara fria + Tambor	67	52c	44c	29d	15d	$\hat{Y} = 66,35 - 4,21x$	0,86

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 5. Germinação (A) e envelhecimento acelerado (B) de sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P, ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP, ambiente natural em tambor de papelão – Amb T, câmara fria em saco de papel kraft – CF P, câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP e câmara fria em tambor de papelão – Amb T. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

A pior conservação das sementes acondicionadas em papel kraft e em polipropileno sob condição de ambiente pode ser explicada pelo fato de tais embalagens permitirem maior efeito da temperatura e da umidade do ambiente sobre as sementes.

Mesmo em condições de baixa temperatura, sementes com alto teor de óleo podem ter sua germinação reduzida ao longo do armazenamento e perder completamente a capacidade germinativa após armazenadas por um ano (NAZREEN et al., 2000). Armazenando sementes de pinhão manso a 0°C por doze meses, Guzman e Aquino (2009) observaram, após um ano, que a germinação caiu de 96% para 55%. Já em condições de ambiente, depois dos doze meses de armazenamento, as sementes perderam sua capacidade de germinar.

Quando submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, as sementes de pinhão manso apresentaram desempenho superior ao longo do armazenamento quando estocadas em câmara fria em sacos de papel kraft, de polipropileno trançado e tambor de papelão em

ambiente natural de laboratório (Tabela 3 e Figura 5-B). Nesses tratamentos, a média de plântulas normais foi de 52% após dozes meses de armazenamento quando submetidas ao envelhecimento acelerado. Porém, esses valores são inferiores ao percentual apresentado pelas sementes antes da estocagem que foi de 67%. Para os demais tratamentos, após o período de armazenamento as médias foram de 18% para sementes armazenadas em sacos de papel kraft em condições de laboratório, 25% em sacos de polipropileno trançado no mesmo ambiente e de 15% para aquelas que permaneceram em tambor de papelão na câmara fria. As curvas descendentes mais acentuadas encontradas para estes tratamentos indicam que tais condições não são as mais recomendadas para sementes de pinhão manso com umidade em torno de 7,21%.

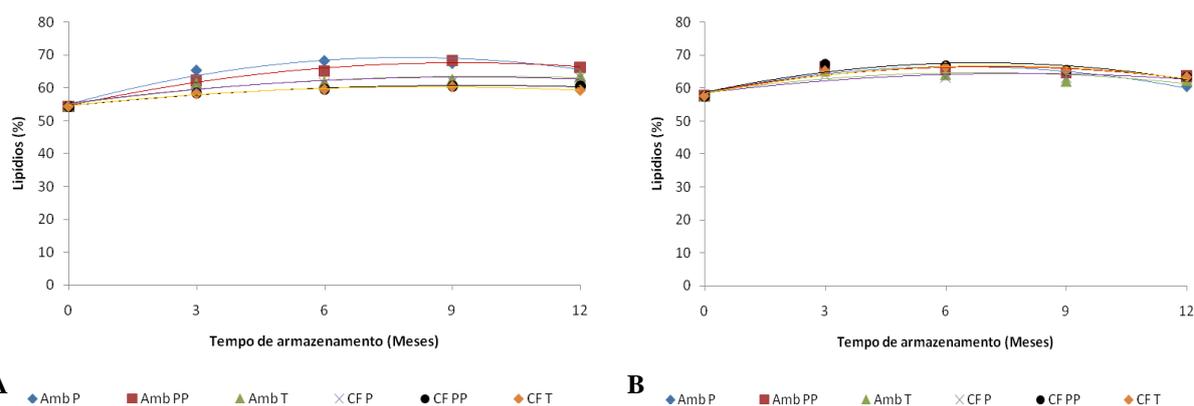
Apesar das sementes de pinhão manso terem apresentado valores de germinação ao longo do armazenamento próximo aos valores iniciais (Tabela 3 e Figura 5-A), o teste de vigor demonstra que, mesmo nas melhores condições de armazenamento, a qualidade da semente foi afetada (Tabela 3 e Figura 5-B).

O teor de lipídios das sementes de pinhão manso foi alto no embrião e no endosperma das sementes, obtendo-se valores em torno de 54% e 57% antes do armazenamento (Tabela 5 e Figura 6 ), os quais situam-se dentro da faixa observada por Basha et al. (2009), que obtiveram teores de óleo entre 49 e 65%, ao avaliarem sementes de genótipos de pinhão manso provenientes de diferentes países. Tais resultados demonstram que os lipídios representam importante parte das reservas dessas sementes.

**Tabela 5. Teor de lipídio no embrião e no endosperma de sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Embrião							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
	----- % -----						
Ambiente + Papel	54,34	65,76a	69,22a	67,49a	66,34a	$\hat{Y} = 55,18 + 3,53x - 0,22x^2$	0,93
Ambiente + Polipropileno	54,34	62,26b	65,13b	68,36a	66,30a	$\hat{Y} = 54,47 + 2,87x - 0,16x^2$	0,98
Ambiente + Tambor	54,34	61,28b	61,72c	62,43b	63,57b	$\hat{Y} = 55,13 + 1,73x - 0,09x^2$	0,90
Câmara fria + Papel	54,34	61,63b	64,54c	61,88b	63,31b	$\hat{Y} = 55,29 + 1,68x - 0,09x^2$	0,85
Câmara fria + Polipropileno	54,34	58,49c	59,57d	60,48c	60,42c	$\hat{Y} = 54,40 + 1,46x - 0,09x^2$	0,76
Câmara fria + Tambor	54,34	58,25c	59,52d	60,39c	59,25c	$\hat{Y} = 54,73 + 1,20x - 0,06x^2$	0,70
Endosperma							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
	----- % -----						
Ambiente + Papel	57,58	66,46a	65,22c	64,36b	60,48c	$\hat{Y} = 58,49 + 2,52x - 0,20x^2$	0,85
Ambiente + Polipropileno	57,58	66,40a	65,54bc	65,65ab	63,64a	$\hat{Y} = 58,68 + 2,22x - 0,16x^2$	0,78
Ambiente + Tambor	57,58	65,35b	64,23d	62,18d	62,41b	$\hat{Y} = 58,77 + 1,74x - 0,13x^2$	0,73
Câmara fria + Papel	57,58	64,14c	63,28e	63,28e	63,21ab	$\hat{Y} = 58,43 + 1,54x - 0,10x^2$	0,71
Câmara fria + Polipropileno	57,58	67,20a	66,84a	66,84a	63,42a	$\hat{Y} = 58,51 + 2,67x - 0,19x^2$	0,84
Câmara fria + Tambor	57,58	65,17b	66,38a	66,38a	63,33a	$\hat{Y} = 58,26 + 2,39 - 0,16x^2$	0,96

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 6. Teor de lipídio no embrião (A) e no endosperma (B) de sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P, ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP, ambiente natural em tambor de papelão – Amb T, câmara fria em saco de papel kraft – CF P, câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP e câmara fria em tambor de papelão – Amb T . UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Em geral, ao longo do período de armazenamento observa-se que houve aumento do teor de lipídios no embrião e no endosperma das sementes em todos os tratamentos (Figuras 6). Este acréscimo também foi observado por Priestley e Leopold (1979) trabalhando com sementes de soja submetidas ao envelhecimento acelerado e os autores associaram o aumento deste componente de reserva com a perda da viabilidade das sementes. Pelos resultados apresentados na Tabela 5 e na Figura 6-A pode-se observar que os teores de lipídios no embrião das sementes armazenadas em câmara fria foram inferiores àqueles das sementes armazenadas em ambiente natural de laboratório durante todo o período de armazenamento. Provavelmente, isto pode ter ocorrido devido à menor taxa respiratória dos embriões das sementes em condições de baixa temperatura, sendo necessária menor degradação de lipídios para formar substrato para o processo respiratório ao longo do tempo de armazenagem.

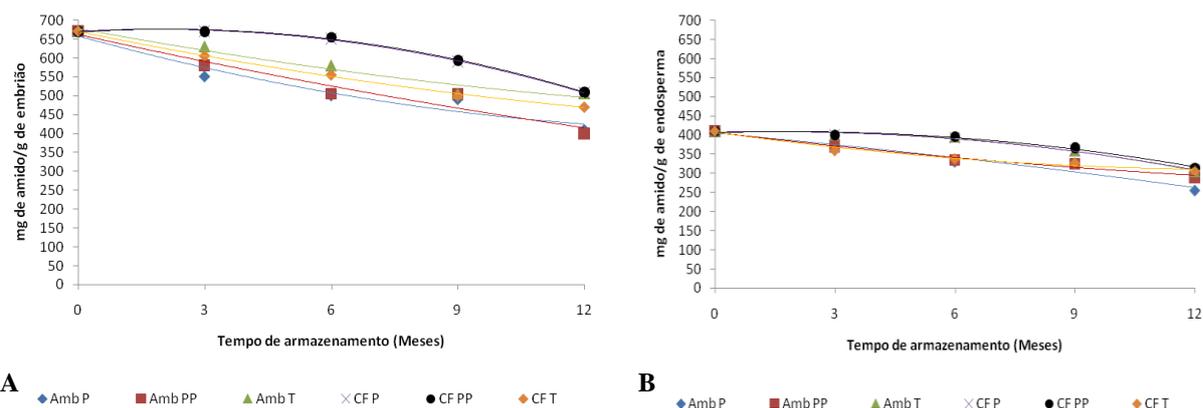
Contudo, ao se avaliar o teor de lipídios do endosperma (Figura 6-B), verifica-se aumento deste componente de reserva da semente até o sexto mês de armazenamento e seguido de decréscimo a partir do nono mês. Esta queda pode estar associada ao decréscimo do conteúdo de fosfolipídio total (KALPANA e MADHAVA RAO, 1996), ou com a redução dos ácidos graxos polinsaturados (LINN e PEARCE, 1990) que são a fonte de substrato para a peroxidação de lipídios (STEWART e BEWLEY, 1980).

O teor inicial de amido no embrião das sementes de pinhão manso foi de 670,5 mg/g de embrião (Tabela 6 e Figura 7). Quando as sementes foram armazenadas em câmara fria, com exceção daquelas acondicionadas em tambor de papelão, a queda dos teores de amido foi menor ao longo do período de avaliação em relação aos demais tratamentos. O armazenamento em câmara fria em tambor de papelão provocou redução mais acentuada deste componente da reserva das sementes, atingindo valores próximos, apesar de diferente estatisticamente dos tratamentos sacos de papel Kraft e polipropileno trançado em ambiente, que provocaram maior decréscimo de amido ao longo da estocagem. A redução menos acentuada dos teores de amido no embrião das sementes armazenadas em câmara fria e acondicionadas em sacos de papel kraft, de polipropileno trançado e naquelas mantidas em ambiente de laboratório em tambor de papelão (Tabela 6 e Figura 7-A) corroboram com a menor deterioração das mesmas ao longo do armazenamento, conforme verificado pelos testes de germinação e vigor (Figura 5). Ao contrário, nos demais tratamentos onde houve redução mais acentuada de amido ao longo do armazenamento, também verificou-se maior deterioração das sementes, mostrando que a perda de amido no embrião durante o armazenamento está relacionada com a perda da qualidade fisiológica das sementes neste período.

**Tabela 6. Teor de amido no embrião e no endosperma de sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Embrião							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
	----- mg de amido/g -----						
Ambiente + Papel	670,5	550,75e	500,75d	490,75d	410,25c	$\hat{Y} = 675,63 - 30,63x + 0,94x^2$	0,95
Ambiente + Polipropileno	670,5	580,50d	505,25d	504,50bc	399,75d	$\hat{Y} = 662,03 - 24,87x + 0,36x^2$	0,94
Ambiente + Tambor	670,5	630,00b	579,75b	506,00b	506,25a	$\hat{Y} = 677,28 - 20,61x + 0,46x^2$	0,95
Câmara fria + Papel	670,5	670,25a	650,00a	590,25a	507,75a	$\hat{Y} = 669,68 + 5,94x - 1,62x^2$	0,98
Câmara fria + Polipropileno	670,5	670,00a	655,00a	594,00a	510,00a	$\hat{Y} = 668,71 + 7,09x - 1,69x^2$	0,73
Câmara fria + Tambor	670,5	605,25c	555,25c	500,25c	470,25b	$\hat{Y} = 671,54 - 23,31x + 0,53x^2$	0,98
Endosperma							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
	----- mg de amido/g -----						
Ambiente + Papel	410	370,25b	330,00e	324,75c	255,00e	$\hat{Y} = 405,53 - 9046x - 0,20x^2$	0,95
Ambiente + Polipropileno	410	370,00b	335,25d	325,00c	290,25d	$\hat{Y} = 408,00 - 12,82x + 0,28x^2$	0,98
Ambiente + Tambor	410	400,25a	395,21ab	359,25b	304,75c	$\hat{Y} = 406,98 - 3,09x - 0,96x^2$	0,98
Câmara fria + Papel	410	400,00a	393,00b	360,00b	308,00b	$\hat{Y} = 407,28 - 2,34x - 0,87x^2$	0,99
Câmara fria + Polipropileno	410	400,00a	396,25a	367,00a	314,25a	$\hat{Y} = 407,17 + 2,91x - 0,87x^2$	0,79
Câmara fria + Tambor	410	360,00c	338,00c	327,25c	306,00bc	$\hat{Y} = 405,15 - 14,26x + 0,53x^2$	0,87

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 7. Teor de amido no embrião (A) e no endosperma (B) de sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P, ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP, ambiente natural em tambor de papelão – Amb T, câmara fria em saco de papel kraft – CF P, câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP e câmara fria em tambor de papelão – Amb T . UFV, Viçosa, MG, 2011.**

No endosperma das sementes também se observa tendência de queda das reservas de amido (Figura 7-B), principalmente naquelas armazenadas em ambiente de laboratório em sacos de papel kraft, de polipropileno trançado e naquelas acondicionadas em tambor de papelão em câmara fria.

Sementes de seringueira (PAULA et al., 1997) armazenadas em ambiente natural de laboratório também tiveram suas reservas de amido reduzidas. Provavelmente, o menor teor de amido, tanto no embrião quanto no endosperma das sementes de pinhão manso, em ambiente natural de laboratório seja devido ao aumento do metabolismo das sementes nessas condições, havendo maior necessidade de grande quantidade de monossacarídeos, derivados da quebra do amido, para o suprimento da respiração durante o armazenamento (MARCOS Filho, 2005). Diversos autores também destacam as modificações expressivas nas reservas de

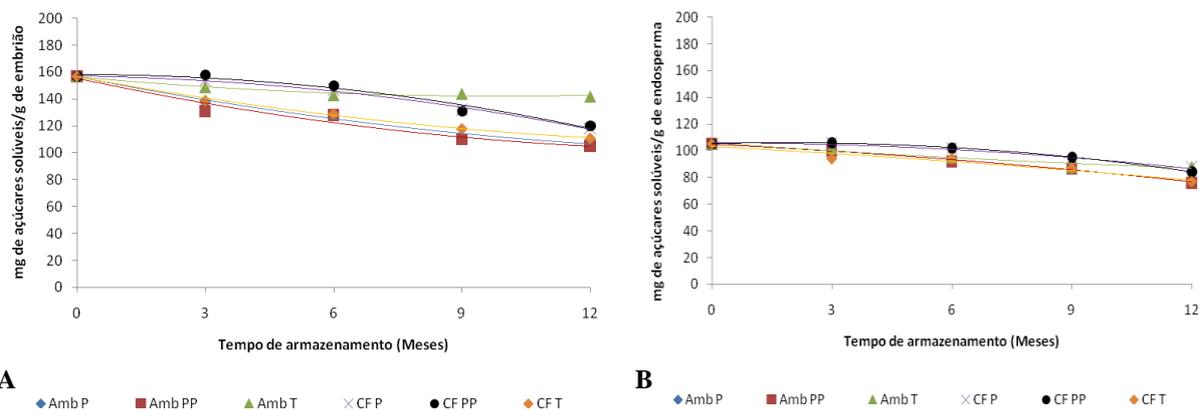
sementes durante a sua deterioração, inclusive em função da atividade das amilases (ABDUL-BAKI e ANDERSON, 1972; BASAVARAJAPPA et al., 1991; SMITH e BERJAK, 1995).

Pela Tabela 7 e Figura 8, verifica-se que o teor de açúcares solúveis totais no embrião e no endosperma das sementes. Antes do armazenamento, o teor de açúcares no embrião foi em torno de 157 mg/g (Tabela 7 e Figura 8-A). Este valor decresceu com o decorrer do armazenamento, independente do ambiente e da embalagem utilizada. A redução da reserva de açúcares segue a mesma tendência dos teores de amido. Observa-se queda mais expressiva para as sementes armazenadas em ambiente natural em sacos de papel kraft e de polipropileno trançado. Para os demais tratamentos, as reservas se mantiveram nos valores iniciais e só a partir dos três meses de armazenamento começou a redução.

**Tabela 7. Teor de açúcares solúveis totais no embrião e no endosperma de sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Embrião							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
----- mg de açúcar/g -----							
Ambiente + Papel	157	138d	128d	112c	107d	$\hat{Y} = 156,74 - 6,34x + 0,18x^2$	0,99
Ambiente + Polipropileno	157	131e	128d	110d	105d	$\hat{Y} = 155,06 - 6,72x + 0,21x^2$	0,96
Ambiente + Tambor	157	149de	143c	144a	142a	$\hat{Y} = 156,87 - 2,99x + 0,15x^2$	0,96
Câmara fria + Papel	157	154b	147b	132b	118b	$\hat{Y} = 157,38 - 0,60x - 0,22x^2$	0,99
Câmara fria + Polipropileno	157	158a	150a	131b	120b	$\hat{Y} = 158,16 - 0,01x - 0,28x^2$	0,73
Câmara fria + Tambor	157	139d	129d	118c	111c	$\hat{Y} = 156,26 - 5,67x + 0,16x^2$	0,89
Endosperma							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
----- mg de açúcar/g -----							
Ambiente + Papel	105	101b	95b	88b	71d	$\hat{Y} = 104,69 - 0,31x - 0,2x^2$	0,98
Ambiente + Polipropileno	105	100b	92c	87b	76c	$\hat{Y} = 105,4 - 1,61x - 0,7x^2$	0,98
Ambiente + Tambor	105	102b	95b	88b	88a	$\hat{Y} = 108,18 - 4,7x + 0,36x^2$	0,70
Câmara fria + Papel	105	106a	102a	92a	88a	$\hat{Y} = 106,5 - 0,32x - 0,11x^2$	0,96
Câmara fria + Polipropileno	105	106a	102a	95a	84b	$\hat{Y} = 105,6 + 0,58x - 0,2x^2$	0,72
Câmara fria + Tambor	105	94c	94bc	87b	77c	$\hat{Y} = 103,23 - 1,73x - 0,03x^2$	0,96

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 8. Teor de açúcares solúveis no embrião (A) e no endosperma (B) de sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P, ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP, ambiente natural em tambor de papelão – Amb T, câmara fria em saco de papel kraft – CF P, câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP e câmara fria em tambor de papelão – Amb T. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

No endosperma das sementes foram encontrados 105 mg/g de açúcares solúveis totais antes do armazenamento (Figura 8-B). Durante o armazenamento os valores foram praticamente mantidos para todos os tratamentos até o terceiro mês, ocorrendo redução dos teores a partir daí. Porém, em todos os períodos avaliados, observou-se diferença significativa entre os tratamentos testados, sendo a câmara fria em papel Kraft e polipropileno trançado as condições que melhor permitiram a manutenção das reservas de açúcares ao longo do armazenamento. Assim, como observado para os outros componentes de reserva, a redução dos açúcares solúveis também foi associada à redução da qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (Figura 5). Segundo Bernal-Lugo e Leopold (1992), a redução do vigor de sementes devido ao seu envelhecimento está associada ao decréscimo nos teores de açúcares solúveis totais. De acordo com Pontes et al. (2002), durante o período inicial de embebição há

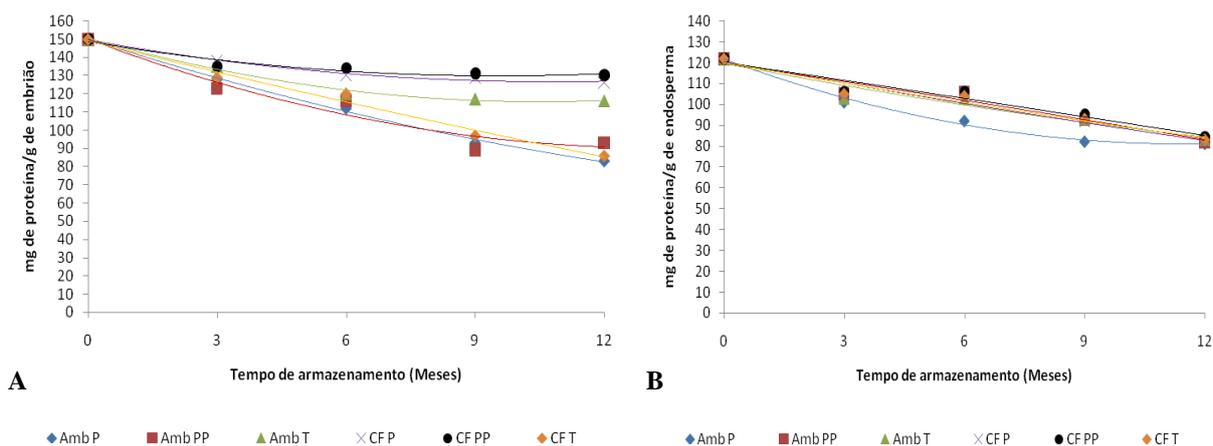
uma tendência de mobilização das reservas de açúcares da semente, porém, segundo esses autores, não haveria uma dependência de carboidratos para a produção de energia ou mesmo para a criação de estruturas físicas na fase pré-germiantiva. É possível que os açúcares solúveis totais tenham sofrido oxidação para a produção de energia durante o processo de respiração (BEWLEY e BLACK, 1994). Armazenando sementes de azevém com teores de água a cima de 10% e em temperatura ambiente, Eichelberger et al. (2002) também verificaram declínio no teor de açúcares totais durante a estocagem.

Na Tabela 8 e na Figura 9 encontram-se os resultados para os teores de proteína no embrião e no endosperma das sementes ao longo do armazenamento. Nota-se que houve redução deste componente de reserva no embrião de sementes acondicionadas em sacos de papel kraft e de polipropileno trançado e mantidas em ambiente natural e naquelas acondicionadas em tambor de papelão em câmara fria (Tabela 8 e Figura 9-A). Sementes submetidas a esses tratamentos além de sofrerem redução dos níveis de proteína no embrião mais drástica perderam, ao final do armazenamento, cerca de 50% do conteúdo inicial deste componente que era de, aproximadamente, 150 mg/g. Para os demais tratamentos, a redução foi mais lenta estabilizando-se ao final do período. Entre os tratamentos que ocasionaram menor perda de proteína no embrião destacam-se aqueles mantidos em câmara fria, à exceção daquelas sementes acondicionadas em tambores de fibra.

**Tabela 8. Teor de proteína no embrião e no endosperma de sementes de pinhão manso armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Embrião							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
	----- mg de açúcar/g -----						
Ambiente + Papel	150	128b	112e	93d	83e	$\hat{Y} = 149,59 - 7,51x + 0,14x^2$	0,99
Ambiente + Polipropileno	150	123c	116d	89e	83e	$\hat{Y} = 148,42 - 7,66x + 0,17x^2$	0,97
Ambiente + Tambor	150	135a	120c	117b	116c	$\hat{Y} = 150,30 - 6,48x + 0,3x^2$	0,99
Câmara fria + Papel	150	138a	130b	129a	126b	$\hat{Y} = 148,96 - 4,27x + 0,2x^2$	0,98
Câmara fria + Polipropileno	150	135a	134a	131a	130a	$\hat{Y} = 148,29 - 3,94x + 0,21x^2$	0,71
Câmara fria + Tambor	150	129b	120c	97c	86d	$\hat{Y} = 148,71 - 5,69x + 0,03x^2$	0,75
Endosperma							
Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)					Equações	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9	12		
	----- mg de açúcar/g -----						
Ambiente + Papel	122	101c	92c	82c	81b	$\hat{Y} = 121,18 - 6,96x + 0,3x^2$	0,99
Ambiente + Polipropileno	122	105ab	106a	93ab	82ab	$\hat{Y} = 119,46 - 2,97x + 0,01x^2$	0,93
Ambiente + Tambor	122	103bc	103b	93ab	83ab	$\hat{Y} = 119,28 - 3,65x + 0,06x^2$	0,93
Câmara fria + Papel	122	106a	103b	92b	82ab	$\hat{Y} = 120,10 - 3,61x + 0,04x^2$	0,97
Câmara fria + Polipropileno	122	106a	106a	95a	84a	$\hat{Y} = 120,02 - 2,98x + 0,003x^2$	0,76
Câmara fria + Tambor	122	105ab	104ab	93ab	83ab	$\hat{Y} = 119,04 - 3,04x + 0,01x^2$	0,98

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 9. Teor de proteína no embrião (A) e no endosperma (B) de sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P, ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP, ambiente natural em tambor de papelão – Amb T, câmara fria em saco de papel kraft – CF P, câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP e câmara fria em tambor de papelão – Amb T . UFV, Viçosa, MG, 2011.**

No endosperma, a redução dos níveis de proteína chegou a 35% em todos os tratamentos (Figura 9-B). Em todas as condições de armazenamento houve declínio constante do teor de proteína havendo diferenciação entre eles (Tabela 8).

Quando se compara a redução da constituição protéica no embrião e no endosperma, percebe-se que a queda da qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso (Figura 5) está muito mais associada à diminuição do teor de proteína no embrião (Figura 9-A) ao longo do armazenamento do que no endosperma (Figura 9-B). Declínio na quantidade de proteína ao longo do armazenamento também foi detectado em sementes *Shorea robusta* (CHAITANYA et al., 2000). Para Smith e Berjak (1995), a diminuição nos níveis de proteína durante o processo de envelhecimento das sementes ocorre em consequência ao aumento da atividade proteolítica. Mas sabe-se que outros fatores também podem influenciar nesta

redução protéica. Para Gutteridge e Hallwel (1990) a degradação de proteínas está associada à peroxidação dos lipídios, sendo a primeira consequência da segunda.

## **Conclusões**

As condições adequadas para o armazenamento das sementes de pinhão manso são embalagem de papel kraft e de polipropileno em câmara fria e tambor de papelão em ambiente de laboratório.

A redução da qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso durante o armazenamento está relacionada ao aumento dos teores de lipídios, bem como à redução dos níveis de amido, açúcares solúveis totais e proteínas.

## **Bibliografia**

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and Biochemical deterioration of seeds. In: KOSLOWSKI, T.T. **Seed biology**. New York: Academic Press, 1972, v.1, 416 p.

ABDUL-BAKI, A.A.; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds, In: KOSLOWSKI, T.T. ed. **Seed Biology**. Academic Press, 1972. v.2, cap. 4, p. 283-315.

ALFENAS, A.C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1991. 242p.

BASAVARAJAPPA, B.S.; SHETTY, H.S.; PRAKASH, H.S. Membrane deterioration and other biochemical changes, associated with accelerated ageing of maize seeds. **Seed Science and Technology**, v.19, n.2, p.279-286, 1991.

BASHA, S.D.; GEORGE, A.; FRANCIS B., MAKKAR, H.P.S., BECKER B.K.; SUJATHA A. M. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries, **Plant Science**, v.176, n.1, p.812–823, 2009.

- BERNAL-LUGO, I.; LEOPOLD, A. C. Changes in soluble carbohydrates during seed storage. **Plant Physiology**, v.98, p.1207-1210, 1992.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 45p.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. Viability and longevity. In: **Physiology and biochemistry of seeds**. Berlin: Springer Verlag, 1982. v. 2, 47p.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. MAPA/ACS, Brasília, DF, 2009. 399p.
- BUCKERIDGE, M. S.; DIETRICH, S. M. C. Galactomanans from Brazilian legume seeds. **Revista Brasileira Botânica**, v.13, n.1, p.109-112, 1990.
- CHAITANYA, K.S. K.; KESHAVKANT,S.; NAITHANI, S.C. Changes in Total Protein and Protease Activity in Dehydrating Recalcitrant Sal (*Shorea robusta*) Seeds. **Silva Fennica**, v.34, n.1, p.71-77, 2002.
- COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p.
- DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Annals of Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.
- EICHELBERGER, L; MAIA, M. de S.; PESKE, S.T.; MORAES, D.M. Composição química de sementes de azevém em resposta ao retardamento da secagem e ao armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p.693-701, 2002.

ESPINDOLA, L.S.; NOIN, M.; CORBINEAU, F.; COME, D. Cellular and metabolic damage induced by desiccation in recalcitrant *Araucaria angustifolia* embryos. **Seed Science Research**, v.4, n.3, p.193-201, 1994.

GUTTERIDGE, J. M. C.; HALLIWELL, B. The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. **Trends in Biochemical Science**. v.15, n.1, p.129-135, 1990.

GUZMAN, L. E.P; AQUINO, A.L. Seed Characteristics and Storage Behavior of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.), **Philippine Journal of Crop Science (PJCS)**, v.34, n.1, p.13-21, 2009.

HENDRY, G.A.F. Oxygen, free radical processes and seed longevity. **Seed Science Research**, v.3, n.2, p.141-153, 1993.

KALPANA, R.; E MADHAVA RAO, K.V. Lipid change during accelerated ageing of seeds of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) cultivars. **Seed Science and Technology**, v.24, n.3, p.475-483, 1996.

LEPRINCE, O.; BRONCHART, R.; DELTOUR, R. Changes in starch and soluble sugars in relation to the acquisition of desiccation tolerance during maturation of *Brassica campestris* seed. **Plant Cell Environment**, v.13, n.6, p.539-546, 1990.

LINN, S.S.; PEARCE, R.S. Changes in lipids in bean seeds (*Phaseolus vulgaris*) and corn caryopses (*Zea mays*) aged in contrasting environments. **Annals of Botany**, v.65, n.4, p.452-456, 1990.

LOPES, J.C., CAPUCHO, M.T. Estudo sobre a conservação de sementes de feijão. Informativo ABRATES, Londrina, v.3, n.4, p.42, 1993.

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

MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; CAVASINI, R. Temperatura e Substrato para o Teste de Germinação de Sementes de Pinhão-Manso. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.3, p. 863-868. 2008.

MISRA, N.M.; KAR, R.K. Regulation of storage protein degradation in cotyledons of germinating cowpea. **India Journal of Plant Physiology**, v.33, n.4, p.333-339, 1990.

NAZREEN, .S.; KHAN, B.R.; MOHMAND, A.S. The effect of storage temperature, storage period and seed moisture content on seed viability of soybean. **Pakistan Journal of Biological Sciences**. v.3, n.12, p.2003-2004, 2000.

OLIVEIRA, G.L. Testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). 2010. 76f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia (Produção Vegetal)) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

PASSOS, L. P. **Growth and water status responses of mung bean (*Vigna mungo* L.) and other dicot species to osmotic stress**. Tucson: University of Arizona, 1989. 108 p.

PAULA, N.F.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; PAULA, R.C.; Alterações fisiológicas em sementes de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.19, n.2, p.326-333, 1997.

PONTES, C.A.; BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G.; SOARES, C.P.B. Mobilização de reservas em sementes de *Apuleia leocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. (Garapa) durante a embebição. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.603-613, 2002.

POPINIGIS, F. Fisiologia da semente. Brasília: s.n., 1985. 289p.

PRIESTLEY, D. A.; LEOPOLD, A. C. Absence of lipid oxidation during accelerated aging of soybean seeds. **Plant Physiology**, v.63, n.3, p.726-729, 1979.

PRIESTLEY, D.A. Seed Aging. **Implications of Seed Storage and Persistence in the Soil**, Cornell University Press, Ithaca,304p., 1986.

SAS. **SAS Programming 9. 3**. Cary: SAS, 2009. Software

- SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa-MG: UFV, Imprensa Universitária, 1990. 165p.
- SMITH, M. T.; BERJAK, P. Deteriorative changes associate with the loss of viability of stored desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. In: KIGEL, J. D.; GALILI, G. (Eds) **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 701-746.
- STEWART, R.R.C.; BEWLEY, J.D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. **Plant Physiology**, v.65, p.245-248, 1980.
- WORANG, R.L.; DHARMAPUTRA, O.S.; SYARIEF, R.; MIFTAHUDIN, S. The quality of physic nut (*Jatropha curcas* l.) seeds packed in plastic material during storage. **Biotropia**, v.15, n.1, p.25 – 36, 2008.
- ZACHEO, G.; CAPPELLO, M. S.; GALLO, A.; SANTINO, A.; CAPPELLO, A.R. Changes associated with postharvest ageing in almond seeds. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, n.33, p.415–423, 2000.

### **CAPÍTULO III: Qualidade do óleo extraído de sementes de pinhão manso armazenadas**

Márcio Dias Pereira<sup>2</sup>, Denise Cunha F. S. Dias<sup>3</sup>, Eduardo E. L. Borges<sup>4</sup>, Sebastião Martins Filho<sup>5</sup>, Luiz A. dos S. Dias<sup>6</sup>.

#### **Resumo**

A conservação dos óleos está diretamente relacionada à natureza e à qualidade da matéria-prima e, principalmente, das suas condições de armazenamento. As características do óleo podem ser avaliadas utilizando-se parâmetros químicos como o índices de acidez, iodo e saponificação. Esses índices estão associados à estabilidade do óleo, à integridade quanto à sua deterioração (rancificação), causados por processos autoxidativos ou lipolíticos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes condições de ambiente e embalagens no conteúdo e na qualidade do óleo. As sementes foram acondicionadas em três diferentes embalagens (papel kraft, polipropileno trançado e tambor de papelão) e armazenadas em dois ambientes distintos (câmara fria e ambiente natural de laboratório) ao longo de um ano. Aos 0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento, as sementes foram submetidas aos seguintes testes e determinações: teor de água, teor de lipídios, índice de acidez, índice de iodo e índice de saponificação do óleo extraído de sementes sem o tegumento. As condições de armazenamento das sementes de pinhão manso influenciaram diretamente a quantidade e a qualidade do óleo obtido a partir dessa oleaginosa. Todas as características que determinam o padrão de qualidade do óleo foram influenciadas pelas condições e pelo tempo de armazenamento das sementes, sendo os sacos de papel kraft e de polipropileno em câmara fria e o tambor de papelão em ambiente de laboratório as melhores condições para se preservar a qualidade do óleo obtido das sementes ao longo da estocagem.

**Palavras chave:** *Jatropha curcas*, óleo, qualidade, armazenamento.

## **Quality of oil extracted from *Jatropha curcas* seeds stored**

**Abstract** – The demand for renewable fuels and low or no negative impact on the environment has increased greatly in recent years. It is estimated that global consumption of fossil fuel has a growth in coming years, but its maximum is reached in a short time. In this sense, biodiesel is an alternative to oil and its derivatives, since their output is obtained from renewable sources and the emission of pollutants has decreased enormously. This study aimed to evaluate the effect of storing seeds of *Jatropha curcas* under different environmental conditions and packaging on the quantity and quality of oil produced by them. The seeds were placed in three different packages (kraft paper, polypropylene and braided fiber drum) and stored in two different environments (cold and natural laboratory environment) over a year. At 0, 3, 6, 9 and 12 months of storage, seeds were subjected to the following tests and determinations: moisture content, oil content, acid value, iodine value and saponification number of seed oil extracted from whole shelled . The results showed that the storage conditions of seeds of *Jatropha curcas* directly influence the quantity and quality of oil from this oil crop to give birth. All the features that set the standard for oil quality were influenced by local storage and packaging of seeds, with a bag of kraft paper and polypropylene in a cold chamber and barrel of fiber in a laboratory environment the best conditions to preserve the quality oil obtained from seeds during storage.

**Key words:** *Jatropha curcas*, oil, quality, storage.

## Introdução

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem se destacado por se apresentar como uma oleaginosa de grande interesse para a indústria de biocombustíveis. O conteúdo de óleo nas sementes inteiras varia entre 25-30% e 45-60% quando a extração é feita em sementes sem o tegumento (GUBITZ et al. 1997).

A planta pode ainda ser utilizada para a produção de sabão, biopesticidas, medicamentos dermatológicos entre outros, mas é o óleo que tem atraído a atenção, como alternativa promissora e comercialmente viável para a produção de biodiesel em substituição parcial ao diesel derivado do petróleo (SATURNINO, 2005).

Os óleos vegetais naturais são constituídos por uma mistura de ésteres derivados dos triacilgliceróis, cujas cadeias possuem de 8 a 24 átomos de carbono com diferentes níveis de insaturação. De acordo com a espécie oleaginosa, podem ocorrer variações na composição química do óleo que são expressas por variações na relação molar entre os diferentes ácidos graxos presentes na estrutura. Por isso, a análise da composição dos ácidos graxos constitui o primeiro procedimento para a avaliação preliminar da qualidade do óleo bruto e/ou de seus produtos de transformação (MORETTO e FETT, 1998).

Estudos das propriedades físicas, químicas, teores de ácidos graxos e características do óleo extraído de sementes de pinhão manso, realizando análises logo após a colheita das sementes ou após o seu armazenamento indicaram que a exposição do óleo à umidade, temperatura e outros fatores ambientais pode reduzir consideravelmente os índices de qualidade deste óleo. Porém, nenhum desses autores (BANERJI et al., 1985; KANDPAL e MADAN, 1995; KUMAR et al., 2003; PRAMANIK, 2003; AKINTAYO, 2004; SHAH et al., 2004) avaliou os efeitos do armazenamento das sementes na qualidade do óleo.

O aumento dos teores de ácidos graxos tem efeito significativo sobre a transesterificação, que é o processo pelo qual o óleo se transforma em biodiesel. A quantidade desse componente influencia na temperatura de combustão, na viscosidade e no ponto de entupimento do biodiesel (GOODRUM, 2002). Além disso, o incremento na quantidade de ácidos graxos promove a saponificação do óleo tornando extremamente difícil a separação de produtos, o que reduz o rendimento e a qualidade do biodiesel produzido a partir dele (CRABBE et al., 2001).

Trabalhando com sementes de pinhão manso, Akintayo (2004) observou que o óleo extraído dessas sementes apresenta altos índices de acidez, iodo e saponificação, quando comparado ao obtido a partir de sementes de outras espécies, como o girassol e o algodão, mas ainda em níveis que permitem a sua utilização como bicomcombustível. De acordo com Pramanik (2003), é provável que com o aumento da degradação do óleo de pinhão manso a acidez e outros índices que medem a qualidade dos óleos usados como matéria prima para os biocombustíveis aumentem, sendo necessária a adição de substâncias químicas que corrijam tais alterações. Essa correção das características do óleo pode torná-lo inviável como alternativa mais econômica ao diesel. Além disso, não se têm estudos sobre as alterações da qualidade de óleo extraído após determinado período de armazenamento das sementes, o que pode ter efeito diferente nas alterações nos índices de acidez, iodo e saponificação, inclusive nos tipos de ácidos graxos liberados.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes condições quantidade e na qualidade de óleo produzido por elas.

## Material e Métodos

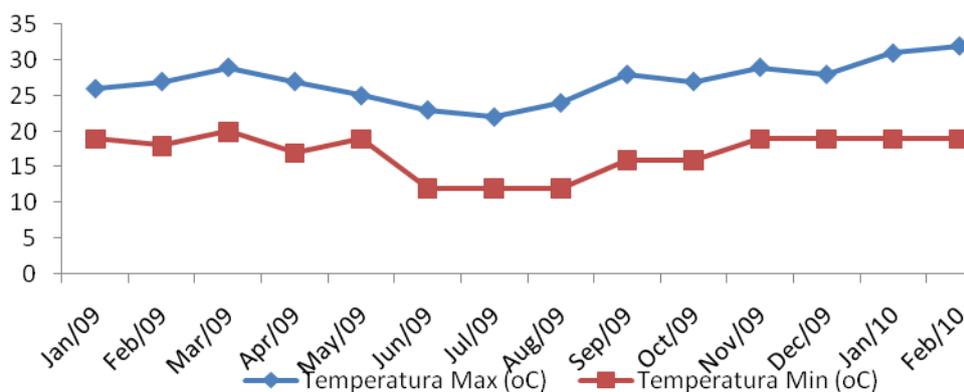
Utilizaram-se sementes de pinhão manso recém-colhidas provenientes da região de Janaúba, norte de Minas Gerais, que foram secas naturalmente até atingirem grau de umidade de aproximadamente 7,21%. As sementes foram tratadas com o fungicida Captan 50 (135 g/100 sementes) sendo, em seguida, acondicionadas em três tipos de embalagens: sacos de papel kraft (Figura 1a), de polipropileno trançado (Figura 1b) e em tambor de papelão (Figura 1c), com 4 kg de sementes em cada embalagem. Os sacos de papel e de polipropileno trançado foram fechados realizando-se duas dobras na abertura superior e grampeando-se em seguida, e o tambor de papelão foi tampado.



**Figura 1. Embalagens utilizadas durante o armazenamento de sementes de pinhão manso. Sacos de papel kraft (a), de polipropileno trançado (b) e tambor de papelão (c). UFV, Viçosa, MG, 2010.**

As sementes acondicionadas nas respectivas embalagens foram armazenadas em condições de ambiente, no Laboratório de Pesquisa em Sementes do DEF/UFV e em câmara fria (aproximadamente 5 °C e 60% UR), por 12 meses, a partir de janeiro de 2009 até fevereiro de 2010. Deste modo, seis condições de armazenamento foram avaliadas: ambiente em câmara fria em sacos de papel (Amb P), ambiente em sacos de polipropileno (Amb PP),

ambiente em tambor de papelão (Amb T), câmara fria em sacos e papel (CF P), câmara fria em sacos de polipropileno (CF PP) e câmara fria em tambor de papelão (CF T). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar no ambiente do laboratório de sementes foi realizado durante todo o período por meio de registro em um termohigrógrafo. Os dados de temperatura máxima e mínima e da umidade relativa do ar média estão apresentados nas Figuras 2 e 3, respectivamente.



**Figura 2. Médias mensais das temperaturas (°C) máxima (Max) e Mínima (Min) em ambiente de laboratório no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2010. UFV, Viçosa, MG, 2010.**



**Figura 3. Médias mensais da Umidade Relativa do Ar (%) em ambiente de laboratório no período de janeiro de 2009 a fevereiro de 2010. UFV, Viçosa, MG, 2010.**

Inicialmente e a cada 3 meses (0, 3, 6, 9 e 12 meses) as sementes foram submetidas às seguintes avaliações:

**Teor de água das sementes:** determinado pelo método da estufa a  $105\pm 3$  °C, durante 24 horas, utilizando-se três subamostras para cada repetição, sendo os resultados expressos em porcentagem (Brasil, 2009).

**Extração de lipídios:** As amostras de sementes de pinhão manso tiveram o seu tegumento retirado com o auxílio de um alicate e suas amêndoas nuas foram trituradas e colocadas em cartuchos de papel-filtro, pesadas e transferidas para conjunto Soxhlet por um período de 24 horas. A extração foi feita a frio, com éter de petróleo (SILVA, 1990). Após a extração os cartuchos foram levados a estufa por 12 horas e pesados para a obtenção do percentual de óleo das amostras por diferença entre o peso inicial e após a extração.

**Índice de acidez:** pesaram-se cerca de 2 g das amostras do óleo obtido a partir das sementes de pinhão manso em erlenmeyers de 125 mL, adicionaram-se 25 mL da solução neutra de éter etílico-alcool (2:1), duas gotas de indicador fenolftaleína e titulou-se com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH)  $0,095 \text{ mol L}^{-1}$ . Para o cálculo do índice de acidez usou-se a fórmula proposta pelo Instituto Adolf-Lutz (1985):

$$\text{Índice de acidez} = \frac{v \times 0,1 \times 56,1 \times 0,9795}{m}$$

Onde,

v = volume do titulante,

m = massa da amostra.

**Índice de iodo:** A determinação do índice de iodo foi realizada adicionando-se a um erlenmeyer de 250 mL exatamente 0,15 g de bicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  p.a). seco em estufa por duas horas e resfriado em dessecador, 30 mL de água deionizada a 5 mL de solução

saturada de iodeto de potássio (KI), 0,1 g da amostra de óleo e 5 mL de ácido clorídrico (HCL) concentrado. Deixaram-se as amostras em repouso, ao abrigo da luz e à temperatura ambiente durante 30 minutos. Após o tempo previsto, realizou-se a titulação com solução padronizada de tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) a  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  até o aparecimento de uma coloração levemente alaranjada. Em seguida adicionou-se 2 mL de solução de amido a 1% como indicador e prosseguiu-se a titulação até o desaparecimento da coloração azulada. O Índice de iodo foi calculado por meio da fórmula (Instituto Adolf-Lutz, 1985) a seguir:

$$\text{Índice de iodo} = \frac{(V_b - V_a) \times 1,5703 \times 12,7}{m}$$

Onde ,

$V_a$  = volume do titulante gasto na amostra

$V_b$  = volume do titulante gasto no branco

$m$  = massa da amostra.

**Índice de saponificação:** pesaram-se 2 g de cada amostra de óleo extraído das sementes de pinhão manso em frascos erlenmeyer de 250 mL, adicionaram-se, com auxílio de uma bureta, exatamente 20 mL de solução alcoólica de hidróxido de potássio (KOH) a 4%*m/v*. A solução obtida foi aquecida à ebulição branda durante 30 minutos. Após o resfriamento da solução, adicionaram-se 2 gotas de fenolftaleína e titularam-se com solução padronizada de ácido clorídrico a  $0,61 \text{ mol L}^{-1}$ . O índice de saponificação foi determinado pela fórmula (Instituto Adolf-Lutz, 1985):

$$\text{Índice de iodo} = \frac{(V_b - V_a) \times 56,1 \times 1,5703}{m}$$

Onde:

Va = volume do titulante gasto na amostra

Vb = volume do titulante gasto no branco

m = massa da amostra.

O delineamento empregado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, analisado em sub-parcelas 5 X 6 (cinco épocas de avaliação X seis condições de armazenamento). Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo os dados quantitativos comparados por meio de análise de regressão e os qualitativos pelo teste de Tukey (0,05). A análise estatística dos dados foi realizada pelo programa Statistical Analysis System, SAS (SAS, 2003).

## **Resultados e Discussão**

O resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes para avaliação das alterações das características relacionadas à qualidade do óleo extraído das sementes de pinhão manso armazenadas em diferentes condições durante 12 meses é apresentado na Tabela 1. Observa-se que houve efeito ( $p < 0,01$ ) da interação entre as condições e o tempo de armazenamento em todas as variáveis estudadas.

**Tabela 1. Resumo da análise de variância relativa ao teor de umidade (U), teor de lipídios (L), índice de acidez (ACIDEZ), índice de iodo (IODO) e índice de saponificação (SAP) do óleo de sementes de pinhão manso em função das condições de armazenamento ao longo de 12 meses. Viçosa, MG, 2011.**

FV	GL	Quadrado Médio				
		U	L	ACIDEZ	IODO	SAP
Condição (Cond)	5	0,64*	117,53*	0,4100*	297,81*	3716,0*
Erro (A)	18	0,06	0,38	0,0070	2,21	1,5
Tempo (Temp)	4	16,76*	347,72*	5,4300*	598,32*	3154,9*
Cond*Temp	20	0,39*	10,50*	0,0800*	36,26*	244,3*
Erro (B)	72	0,10	0,38	0,0005	1,15	0,8
Total	119					
CV (%) Cond		2,92	1,76	2,3500	1,53	0,54
CV (%) Temp		3,47	1,78	2,0040	1,10	0,39

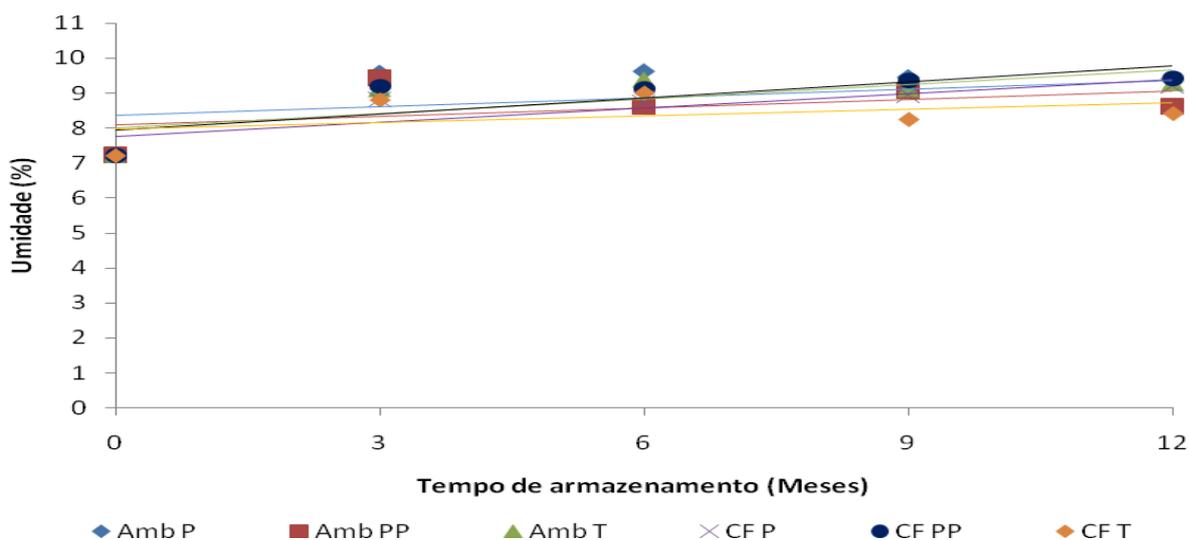
\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

As sementes de pinhão manso apresentaram teor de água inicial de 7,21 % ao serem armazenadas. Após três meses de armazenamento, em todos os tratamentos, as sementes tiveram aumento no teor de água, variando entre 8,25 a 9,61% . Em todos os períodos avaliados, observou-se diferença significativa entre as condições de armazenamento (Tabela 2 e Figura 4).

**Tabela 2. Teor de água (%) de sementes de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	7,21	9,57a	9,61a	9,44a	8,52c
Ambiente + Polipropileno	7,21	9,44a	8,61b	9,05a	9,61bc
Ambiente + Tambor	7,21	9,12ab	9,39a	9,12a	9,29a
Câmara fria + Papel	7,21	8,81b	8,72b	8,95a	9,2ab
Câmara fria + Polipropileno	7,21	9,2ab	9,12ab	9,37a	9,43a
Câmara fria + Tambor	7,21	8,81b	9,01ab	8,25b	8,42c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 4. Teor de água das sementes (%) de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 8,37 + 0,08x$   $R^2 = 0,72$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 8,10 + 0,07x$   $R^2 = 0,84$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 7,99 + 0,13x$   $R^2 = 0,91$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 7,75 + 0,13x$   $R^2 = 0,92$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 7,98 + 0,19x$   $R^2 = 0,98$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 8,10 + 0,04x$   $R^2 = 0,70$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

A quantidade de água nas sementes se manteve estável, com pouca variação ao longo dos 12 meses de armazenamento, embora os valores obtidos tenham sido sempre superiores ao valor inicial. Trabalhando com sementes de pinhão manso armazenadas em condições ambientais em embalagem permeável Worang et al. (2009) observaram que as sementes tiveram sua umidade inicial de 7,89 elevada para 8,16% após o primeiro mês de armazenamento, com pouca variação depois disso ao longo de um ano. Em estudo semelhante, Guzman e Aquino (2008) observaram valores iniciais de umidade variando entre

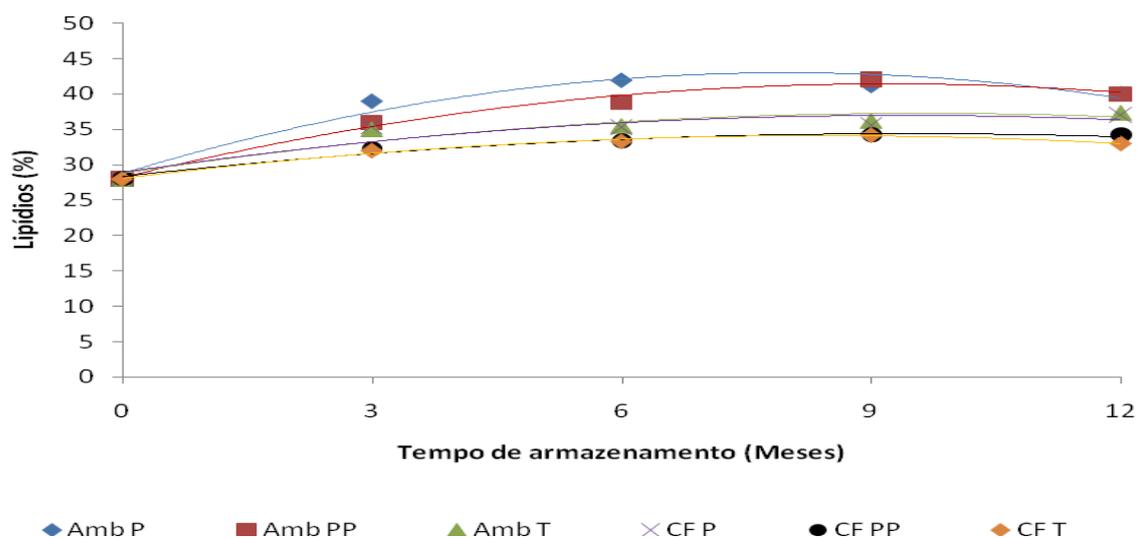
9 e 11% chegando a 12% após 12 meses de armazenamento, porém houve pequenas variações ao longo do tempo. Segundo estes autores o teor de água seguro para se armazenar sementes desta espécie varia entre 7 e 9%, para que estas não percam sua viabilidade inicial.

O teor de lipídio das sementes de pinhão manso foi 28,02% antes do armazenamento (Tabela 3 e Figura 5), bem abaixo do encontrado por Basha et al. (2009), que trabalhando com sementes sem o tegumento obtiveram teores de lipídio entre 49 e 65%. Ao longo do período de armazenamento, porém, observou-se aumento do teor de lipídios das sementes em todos os tratamentos, chegando a 41,24% (ambiente – papel Kraft) e 42,12% (ambiente – polipropileno trançado), aos quatro meses de armazenamento. Este acréscimo também foi observado por Priestley e Leopold (1979), trabalhando com sementes de *Glicine max* (soja) submetidas ao envelhecimento acelerado. Pelos resultados apresentados na Tabela 3 e na Figura 5 pode-se observar que os teores de lipídios nas sementes armazenadas em câmara fria apresentaram diferença significativa entre si e foram inferiores àqueles das sementes armazenadas em ambiente natural de laboratório durante todo o período de armazenamento. Na Tabela 3 também é possível observar que houve diferença significativa entre os tratamentos em todos os períodos avaliados.

**Tabela 3. Teor de lipídios (%) de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	28,02	39,1a	41,96a	41,24a	40,08a
Ambiente + Polipropileno	28,02	36,0b	38,86b	42,12a	40,04a
Ambiente + Tambor	28,02	35,02b	35,46v	36,17b	37,31b
Câmara fria + Papel	28,02	35,37b	35,29c	35,62b	37,06b
Câmara fria + Polipropileno	28,02	32,24c	33,31d	34,22c	34,16c
Câmara fria + Tambor	28,02	31,99c	33,26d	34,14c	32,99c

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 5. Teor de lipídios das sementes (%) de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: Ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 28,88 + 3,53x - 0,22x^2$   $R^2 = 0,95$ ), Ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 28,21 + 2,87x - 0,16x^2$   $R^2 = 0,98$ ), Ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 28,87 + 1,73x - 0,09x^2$   $R^2 = 0,90$ ), Câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 29,03 + 1,68x - 0,09x^2$   $R^2 = 0,84$ ), Câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 28,14 + 1,46x - 0,09x^2$   $R^2 = 0,84$ ) e Câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 28,47 + 1,20x - 0,06x^2$   $R^2 = 0,76$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

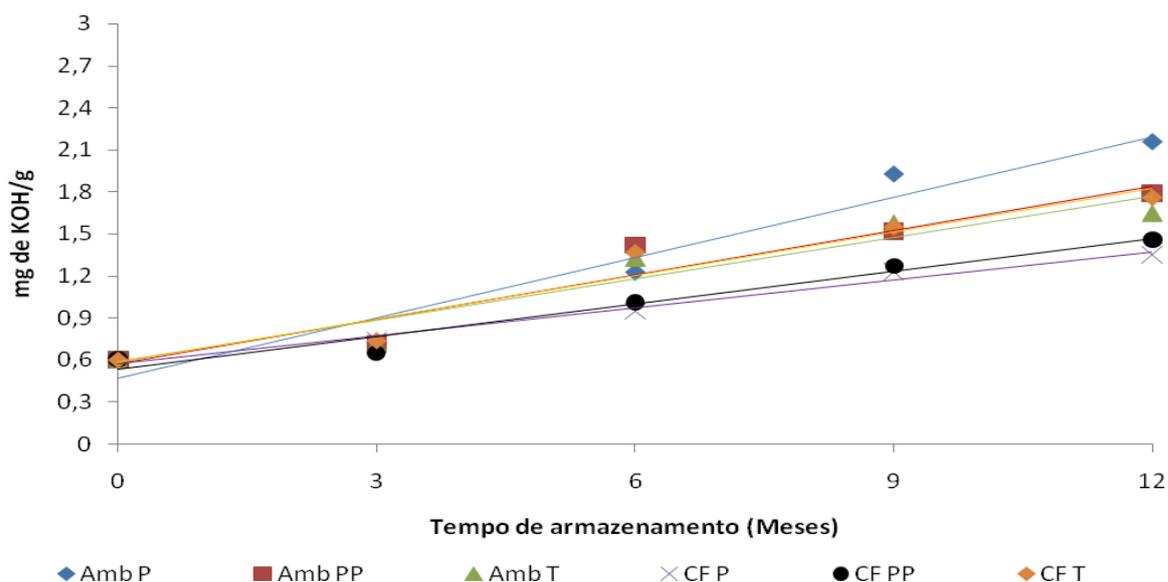
Quando se analisou o índice de acidez do óleo das sementes de pinhão manso, observou-se que as sementes recém-colhidas apresentaram  $0,604 \text{ mg de KOHg}^{-1}$  (Tabela 4 e Figura 6). Pelo fato de a acidez livre de um óleo ser uma característica intimamente relacionada com a natureza e qualidade da matéria-prima, este valor não é uma constante e, desta forma, de acordo com a Agência Nacional de petróleo (ANP), o valor máximo permitido seria  $0,80 \text{ mg KOH g}^{-1}$ . Para Felizardo et al., (2006), a presença dos ácidos graxos

livres acelera o envelhecimento do motor. O padrão europeu especifica um valor máximo de índice de iodo de 0,5 mg KOH g<sup>-1</sup>.

**Tabela 4. Índice de acidez do óleo extraído de sementes de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	0,604	0,728a	1,23c	1,93a	2,16a
Ambiente + Polipropileno	0,604	0,728a	1,42a	1,52c	1,79b
Ambiente + Tambor	0,604	0,723a	1,33b	1,58b	1,65c
Câmara fria + Papel	0,604	0,739a	0,95e	1,23d	1,35e
Câmara fria + Polipropileno	0,604	0,649b	1,01d	1,27d	1,46d
Câmara fria + Tambor	0,604	0,742a	1,37ab	1,55bc	1,76b

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 6. Índice de acidez do óleo extraído das sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: Ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 0,48 + 0,14x$   $R^2 = 0,95$ ), Ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 0,57 + 0,11x$   $R^2 = 0,92$ ), Ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 0,59 + 0,10x$   $R^2 = 0,92$ ), Câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 0,58 + 0,07x$   $R^2 = 0,86$ ), Câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 0,54 + 0,08x$   $R^2 = 0,72$ ) e Câmara fria em tambor de papelão – CF T ( $\hat{Y} = 0,58 + 0,10x$   $R^2 = 0,76$ ) . UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Após o período de armazenamento de 12 meses em diferentes condições, o óleo extraído das sementes de pinhão manso apresentou maior acidez quando armazenados em condições ambiente em embalagens de papel e polipropileno, assim como aquelas armazenadas em câmara fria nos tambores de fibra. Em todos os tratamentos houve expressiva elevação dos teores de acidez do óleo, porém, nessas condições, de modo especial em sacos de papel kraft armazenadas em ambiente, observou-se maiores valores, atingindo  $2,16 \text{ mg de KOHg}^{-1}$  de óleo analisado.

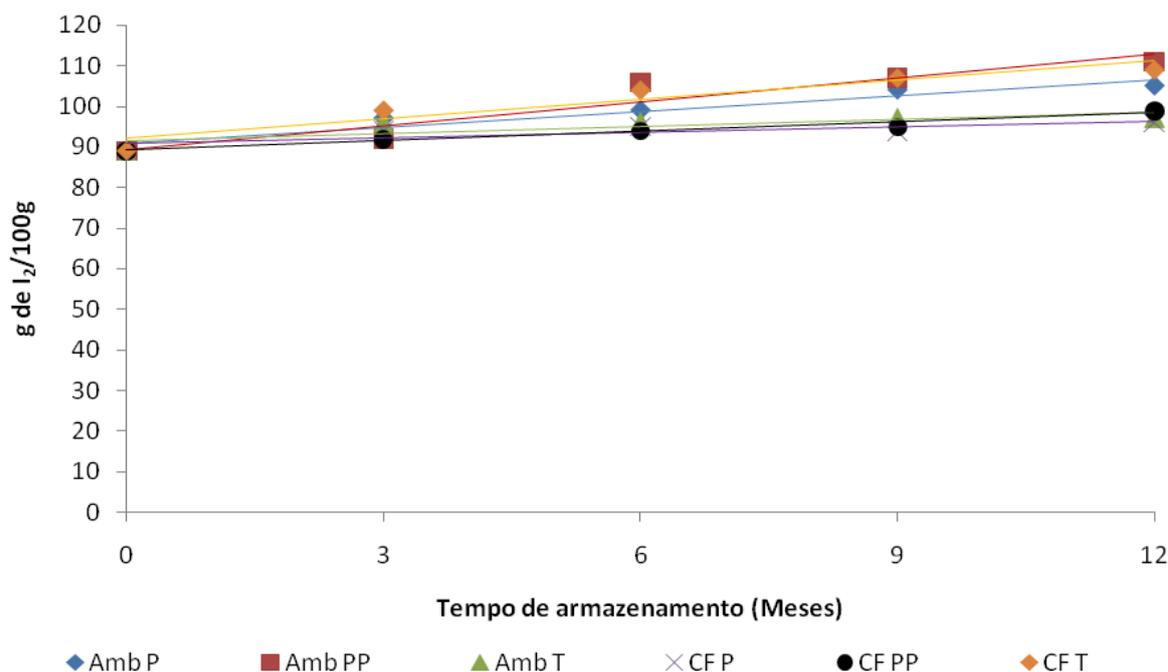
Sahoo e Das (2009), analisando o óleo de sementes de pinhão manso armazenadas em condições de ambiente por dois anos, observaram valores de acidez próximos a 4 mg de KOHg<sup>-1</sup>. Já Ribeiro et al. (2010), armazenando sementes da mesma espécie por oito meses em condições de ambiente natural ( $\pm 25$  °C), observaram aumento do índice de acidez de 2,4 para 3,3 mg de KOHg<sup>-1</sup>.

O índice de iodo no óleo bruto extraído das sementes de pinhão manso antes do armazenamento foram de aproximadamente 89 g I<sub>2</sub>/100 g (Tabela 5 e Figura 7). De acordo com as agências reguladoras, os óleos devem possuir índices de iodo menores que 115 g/100g (ANP, 2001; ANP, 2004). Trabalhando com sementes de pinhão manso recém colhidas, Pranamink et al. (2003) observaram que o índice de iodo do óleo proveniente daquelas sementes foi de 94.

**Tabela 5. Índice de iodo do óleo extraído de sementes de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	89	97ab	99b	104b	105b
Ambiente + Polipropileno	89	96bc	102a	107a	111a
Ambiente + Tambor	89	96bc	96c	97c	97cd
Câmara fria + Papel	89	94c	95c	94d	96d
Câmara fria + Polipropileno	89	92d	94c	95cd	99c
Câmara fria + Tambor	89	99a	104a	107a	109a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 7. Índice de iodo do óleo extraído das sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 91,13 + 1,26x$   $R^2 = 0,93$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 89,95 + 1,85x$   $R^2 = 0,99$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 91,7 + 0,50x$   $R^2 = 0,74$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 91,0 + 0,42x$   $R^2 = 0,70$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 89,65 + 0,69x$   $R^2 = 0,72$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 92,47 + 1,53x$   $R^2 = 0,75$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Ao longo do armazenamento das sementes houve aumento do índice de iodo do óleo obtido a partir das sementes de todos os tratamentos. Porém, este aumento foi mais acentuado nas sementes armazenadas em condições de ambiente em sacos de polipropileno trançado, e nas acondicionadas em tambores de fibra em câmara fria. Nessas embalagens, após 12 meses de estocagem, observou-se índice de iodo em variando entre 111 e 109 g I<sub>2</sub>/100g,

respectivamente. Em condições de ambiente armazenadas e papel Kraft, após um ano, o índice de iodo foi de 105 g I<sub>2</sub>/100g. Para as demais condições de armazenamento, o índice de iodo não alcançou 100g/100g de óleo.

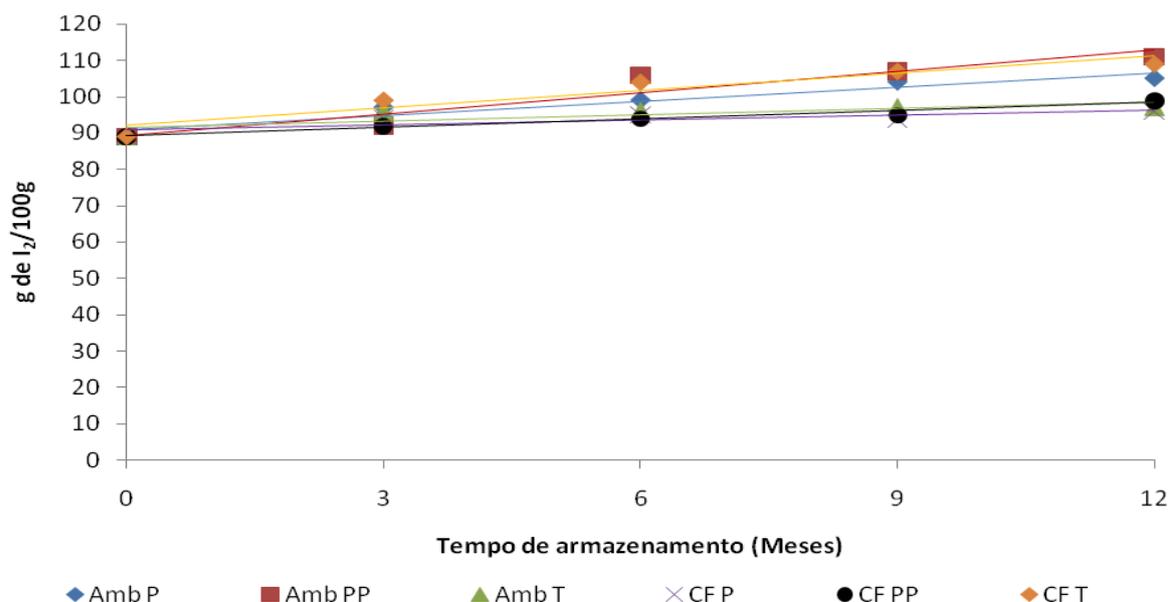
Sementes de pinhão manso armazenadas durante oito meses em ambiente natural de laboratório, acondicionadas em sacos de polipropileno trançado apresentaram aumento de 30g I<sub>2</sub>/100g (RIBEIRO et al., 2010). Estes valores estão bem abaixo daqueles obtidos no presente trabalho. Resultados de análises de óleo extraído de sementes de pinhão manso acondicionadas em sacos de papel e armazenadas em condições de ambiente por 10 meses (KIPOVIESSE et al., 2004) apresentaram valores inferiores, mas mais próximos aos obtidos no presente trabalho, em torno de 102 g I<sub>2</sub>/100g.

O índice de saponificação é definido como a quantidade, em mg, de KOH necessária para saponificar 1,0 g de óleo ou gordura, ou seja, para neutralizar os ácidos graxos livres e ácidos graxos combinados na forma de glicerídeos. O índice de saponificação dos triacilgliceróis varia com a natureza dos ácidos graxos constituintes do óleo. Analisando-se a Tabela 6 e a Figura 8, observa-se que o óleo extraído das sementes de pinhão manso apresentou índice de saponificação de 210 mg de KOH/g antes do armazenamento.

**Tabela 6. Índice de saponificação do óleo extraído de sementes de pinhão manso obtidas de sementes armazenadas por 12 meses em ambiente natural e em câmara fria acondicionadas em saco de papel, de polipropileno trançado e em tambor de papelão. UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Condição de armazenamento	Tempo de armazenamento (Meses)				
	0	3	6	9	12
Ambiente + Papel	210	242a	244b	255b	269a
Ambiente + Polipropileno	210	215d	223cd	228c	230b
Ambiente + Tambor	210	220c	224c	224de	227c
Câmara fria + Papel	210	213e	219e	223c	225c
Câmara fria + Polipropileno	210	218c	221d	226c	230b
Câmara fria + Tambor	210	249a	251a	258a	268a

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.



**Figura 8. Índice de saponificação do óleo extraído das sementes de pinhão manso ao longo de 12 meses em função das condições de armazenamento: ambiente natural em saco de papel kraft – Amb P ( $\hat{Y} = 213,80 + 6,91x - 0,21x^2$   $R^2 = 0,93$ ), ambiente natural em saco de polipropileno trançado – Amb PP ( $\hat{Y} = 209,33 + 2,57x - 0,07x^2$   $R^2 = 0,98$ ), ambiente natural em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 210,75 + 3,07x - 0,15x^2$   $R^2 = 0,96$ ), câmara fria em saco de papel kraft – CF P ( $\hat{Y} = 209,34 + 1,59x - 0,02x^2$   $R^2 = 0,97$ ), câmara fria em saco de polipropileno trançado – CF PP ( $\hat{Y} = 210,42 + 2,27x - 0,06x^2$   $R^2 = 0,79$ ) e câmara fria em tambor de papelão – Amb T ( $\hat{Y} = 215,83 + 8,71x - 0,39x^2$   $R^2 = 0,75$ ). UFV, Viçosa, MG, 2011.**

Se comparados aos estudos realizados por Lima et al. (2007) que obtiveram um índice de saponificação para o óleo de babaçu de 233,767 mg KOH/g e Dantas et al. (2006) que em seu estudo obtiveram 199 mg KOH g<sup>-1</sup> para o óleo de algodão, os valores encontrados no presente trabalho foram semelhantes ao encontrados por estes autores. Segundo Azevedo e Lima (2001), o valor encontrado para o óleo de mamona foi 180 mg KOH g<sup>-1</sup>. Contudo, a

portaria ANP nº. 42/04 não cita limite máximo para o índice de saponificação permitido para o biodiesel obtido a partir de qualquer espécie.

Assim, como os outros parâmetros avaliados, o índice de saponificação também aumentou ao longo do armazenamento, porém, este acréscimo foi bem mais acentuado quando as sementes foram acondicionadas em sacos de papel kraft em condições de ambiente natural e em tambores de fibra, estocados em câmara fria. Após os 12 meses de armazenamento, as sementes submetidas a esses dois tratamentos apresentaram saponificação do óleo em torno de 269 mg de KOH/g, enquanto em todas as outras condições os valores não ultrapassaram os 230 mg de KOH/g. Nota-se também uma tendência de estabilização deste aumento a partir dos seis meses de armazenamento. Esses resultados, divergem daqueles encontrados por Ribeiro et al. (2010) que não observaram alterações no índice de saponificação do óleo de pinhão manso após oito meses, mas estes autores armazenaram o óleo, e não as sementes.

Patil e Deng (2009) detectaram a influência do ambiente de armazenamento no aumento da saponificação do óleo extraído das sementes desta espécie. Para Pinzi et al. (2009) ambientes limitantes e embalagens que não permitem uma boa conservação das sementes ao longo do armazenamento, podem resultar em aumento dos processos de saponificação dos óleos e, conseqüentemente, do biodiesel produzido a partir desse material.

## **Conclusão**

O saco de papel kraft e o de polipropileno em câmara fria e o tambor de papelão em ambiente de laboratório foram as melhores condições para se preservar a qualidade do óleo obtido das sementes ao longo do armazenamento;

Houve aumento dos teores de água e de lipídios nas sementes durante o armazenamento em todos os tratamentos.

## **Bibliografia**

AKINTAYO, E.T. Characteristics and composition of *Parkia biglobbosa* and *Jatropha curcas* oils and cakes. **Bioresource Technology**, v.92, n.1, p.07–310, 2004.

ANP- **AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO**. Resolução ANP 42 de 24/11/2004. Disponível em: <http://www.anp.gov.br> Acesso em: 12 julho 2010.

ANP- **AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO**. Resolução ANP 310/2001. Disponível em: <http://www.anp.gov.br> Acesso em: 12 julho 2010.

AZEVEDO, D.M.P. de, LIMA, E.F. Agronegócio da Mamona no Brasil. Brasília, **Embrapa, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2001.

BANERJI, R., CHOWDHURY, A.R., MISRA, G., SUDARSANAM, G., VERMA, S.C., SRIVASTAVA, G.S. *Jatropha* seed oils for energy. **Biomass**, v.8, n.1, p.277– 282, 1985.

BASHA, S.D.; GEORGE, A.; FRANCIS B., MAKKAR, H.P.S., BECKER B.K.; SUJATHA A. M. A comparative study of biochemical traits and molecular markers for assessment of genetic relationships between *Jatropha curcas* L. germplasm from different countries, **Plant Science**, v.176, n.1, p.812–823, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. MAPA/ACS, Brasília, DF, 2009. 399p.

CRABBE, E., NOLASCO-HIPOLITO, C.N., KOBAYASHI, G., SONOMOTO, K., ISHIZAKI, A., Biodiesel production from crude palm oil and evaluation of butanol extraction and fuel properties. **Process Biochemistry**, v.37, n.1, p.65–71, 2001.

DANTAS, H.J.; CANDEIA, R.A.; CONCEIÇÃO, M.M.; SILVA, M.C.D.; SANTOS, I.M.G.; SOUZA, A.G. Caracterização Físico-Química e Estudo Térmico de Biodiesel Etilico de Algodão. In: **1º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2006**. Artigos técnico-científicos, v.1, p.231-235, 2006.

FELIZARDO, P.; CORREIA, M. J. N.; RAPOSO, I.; MENDES, J. F.; BERKEMEIER, R.; BORDADO, J. M. Production of biodiesel from waste frying oil. **Waste Management**, v. 26, p. 487-494, 2006.

GOODRUM, J.W. Volatility and boiling points of biodiesel from vegetable oils and tallow. **Biomass Bioenergy**, v.22, n.1, p.205–211, 2002.

GUBITZ, G.M. (ed). Biofuels and industrial products from *Jatropha curcas*. **Proceedings from a Symposium held in Managua, Nicaragua**. Graz, Austria: Technical University of Graz, 1997.

GUZMAN, L.E.P; AQUINO, A.L. Seed Characteristics and Storage Behavior of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.), **Philippine Journal of Crop Science (PJCS)**, v.34, n.1, p.13-21, 2009.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos físicos e químicos para análise de alimentos. 3ª edição.I.A.L., São Paulo, vol. I., p. 124 e 141, 1985.

KANDPAL, J.B., MADAN, M. *Jatropha curcus*: a renewable source of energy for meeting future energy needs. **Renewable Energy**, v.6, n.2, p.159–160, 1995.

KIPOVIESSI, D.S.S.; ACCROMBESSI, G.C.; KOSSOUOH, C.; SOUMANOU, M.M.; MOUDACHIROU, M. Propriétés physicochimiques et composition de l'huile non conventionnelle de pourghère (*Jatropha curcas*) de différentes régions du Benin. **Compters Rendus Chimie**, v.7, p.1007-1012, 2004.

KUMAR, M.S., RAMESH, A., NAGALINGAM, B. An experimental comparison of methods to use methanol and *Jatropha* oil in a compression ignition engine. **Biomass and Bioenergy**, v.25, n.1, p.309–318, 2003.

LIMA, J.R.O.; SILVA, R.B.; SILVA, C.C.M. et al. Biodiesel from babassu (*Orbignya* sp.) synthesized via ethanolic route. **Química Nova**, v.30, n.3, p.600-603, 2007.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 1998.

PATIL, P.D.; DENG, S. Optimization of biodiesel production from edible and non-edible vegetable oils. **Fuel**, v. 88, p.1302-1306, 2009.

PINZI, S.; GARCIA, I.L.; LOPEZ-GIMENEZ, F.J.; LUQUE DE CASTRO, M.D.; DORADO, G.; DORADO, M.P. The ideal vegetable oil-based biodiesel composition: A review of social, economical and technical implications. **Energy and Fuels**, v. 23, p.2325-2341, 2009.

PRAMANIK, K., Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. **Renewable Energy**, v.28, n.1, p.239–248, 2003.

PRIESTLEY, D.A. ; LEOPOLD, A.C. Absence of lipid oxidation during accelerated aging of soybean seeds, **Plant Physiology**, Rockville, v.63, n.3, p.726–729, 1979.

RIBEIRO, R.A.; QUEIROZ, M.G.M.N.; ALVES, V.L.; PRATA, E.R.B.A.; BARBOSA, E.S.; SANTOS, E.M.; MOTA, B.S.N. Efeitos do tempo de armazenamento sobre as propriedades físico-químicas de óleo de *Jatropha curcas* (pinhão manso). **Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas**, v.14, n.1, p.1-7, 2010.

SAHOO, P. K.; DAS, L. M. Process optimization for biodiesel production from *Jatropha*, Karanja and Polanga oils. **Fuel**, v.88, n.1, p.1588-1594, 2009.

SAS. **SAS Programming 9.3**. Cary: SAS, 2009. Software.

SATURNINO, H.M. Cultura do pinhão-manso. **Informe Agropecuário**, v.26, n.229, p.44-78, 2005.

SHAH, S., SHARMA, A., GUPTA, M.N. Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by enzyme assisted three phase partitioning. **Industrial Crops and Products**, v.20, n.1, 275–279, 2004.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa-MG: UFV, Imprensa Universitária, 1990. 165p.

WORANG, R.L.; DHARMAPUTRA, O.S.; SYARIEF, R.; MIFTAHUDIN, S. The quality of physic nut (*Jatropha curcas* l.) seeds packed in plastic material during storage. **Biotropia**, v.15, n.1, p.25 – 36, 2008.

## CONCLUSÕES GERAIS

Nas condições em que foi desenvolvido este trabalho e com base nas interpretações dos dados, conclui-se que:

- Houve redução na germinação e no vigor de sementes de pinhão manso mantidas em condição de ambiente em saco de papel kraft ou de polipropileno trançado e em câmara fria quando acondicionadas em tambor de papelão.

- Os testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e teste de frio foram os mais eficientes para avaliar a qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso durante o armazenamento.

- As condições mais adequadas para o armazenamento das sementes de pinhão manso foram em câmara fria, acondicionadas nas embalagens papel kraft e polipropileno trançado, e em ambiente no tambor de papelão por três meses.

- A redução da qualidade fisiológica das sementes de pinhão manso está relacionada ao aumento dos teores de lipídios, bem como da redução dos níveis de amido, açúcares solúveis totais e proteínas durante o armazenamento.

- O saco de papel kraft e o de polipropileno em câmara fria e o tambor de papelão em ambiente de laboratório foram as melhores condições de armazenamento das sementes para se preservar a qualidade do óleo;