

LAÉRCIO JUNIO DA SILVA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

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

T

S586q
2010

Silva, Laércio Junio da, 1984-
Qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso
(*Jatropha curcas* L.) em função do estágio de maturação dos
frutos / Laércio Junio da Silva. – Viçosa, MG, 2010.
xii, 52f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Denise Cunha F. dos S. Dias.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Pinhão - Sementes - Maturação. 2. Sementes - Qualidade.
3. Pinhão - Sementes - Fisiologia. 4. *Jatropha curcas*.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 633.85

LAÉRCIO JUNIO DA SILVA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de julho de 2010.

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

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

Pesq. Antonio Pádua Alvarenga

Pesq. Roberto Fontes Araújo

Prof.^a Denise Cunha F. dos S. Dias
(Orientadora)

À Carla, amor da minha vida!

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

À Professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela oportunidade, orientação, ensinamentos e amizade.

Aos Professores Luiz Antônio dos Santos Dias, Derly José Henriques da Silva e à Professora Eveline Mantovani Alvarenga, pelo apoio, amizade, ensinamentos e agradável convívio.

Ao amigo Paulo César Hilst, pela ajuda na execução dos trabalhos, pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos amigos Glauter Lima de Oliveira, Luis Eduardo Panozzo, Marcos Morais Soares, ao laboratorista José Custódio e aos demais colegas do laboratório de sementes pelo apoio, ajuda, companheirismo e agradável convívio.

À minha família, especialmente meus pais Luis Gonzaga da Silva e Maria Lúcia Fontes da Silva pelo apoio.

Ao meu sogro Antônio Carlos Milagres, à minha sogra Eva do Carmo Milagres e ao meu cunhado Ronaldo Izidoro Milagres, pelo apoio, incentivo, ajuda e pelos momentos de alegria.

Agradeço especialmente à Carla do Carmo Milagres, pelo amor, carinho, apoio, incentivo e por ter estado comigo em todos os momentos. Sua ajuda foi imprescindível na execução desse trabalho.

À todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

Laércio Junio da Silva, filho de Luiz Gonzaga da Silva e Maria Lúcia Fontes da Silva, nasceu na cidade de Viçosa-MG, no dia 6 de fevereiro de 1984.

Em 2003, iniciou o curso de graduação em Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em janeiro de 2008.

Em agosto de 2008, iniciou o curso de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, na área de Tecnologia e Produção de Sementes.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
Capítulo I. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS	7
Chapter I. PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF PHYSIC NUT HARVESTED AT DIFFERENT TIMES	8
INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
Aspecto visual dos frutos e das sementes.....	13
Peso de frutos	13
Diâmetros transversal e longitudinal de fruto	13
Grau de umidade e massa de matéria seca da semente	14
Diâmetros transversal e longitudinal de semente.....	14
Germinação.....	14
Primeira contagem de germinação	14
Crescimento de plântulas.....	14
Índice de velocidade de germinação	15
Análise estatística	15

RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
Capítulo II. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO COLHIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS	29
Chapter II. PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF PHYSIC NUT HARVESTED AT DIFFERENT STAGES OF FRUIT MATURATION	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	35
Grau de umidade	35
Massa da matéria seca	35
Germinação	35
Primeira contagem de germinação	37
Emergência de plântulas	37
Crescimento de plântulas.....	37
Índice de velocidade de emergência e Velocidade de emergência.....	37
Envelhecimento acelerado	38
Condutividade elétrica	39
Peso de mil sementes	39
Determinação do teor de óleo	39
Análise estatística	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Grau de umidade das sementes após serem extraídas dos frutos (GUF) e após secagem natural (GUS); massa de matéria seca (MS) e peso de mil sementes (PM) de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010. 41
- Tabela 2.** Germinação (GER); primeira contagem de germinação (PCG); envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010. 42
- Tabela 3.** Emergência (EM); índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE) de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010. 43
- Tabela 4.** Diâmetro de hipocótilo (DH); comprimento de hipocótilo (CH); comprimento de radícula (CR) e comprimento de plântula (CP) de plântulas provenientes de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010. 44
- Tabela 5.** Massa seca de hipocótilo (MSH); massa seca de radícula (MSR) e massa seca de plântula (MSP) de plântulas provenientes de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010. 44
- Tabela 6.** Teor de óleo de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010. 45

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1.** Aspecto visual de frutos e sementes de pinhão manso em função dos dias após a antese. UFV, Viçosa, MG, 2010..... 16
- Figura 2.** Desenvolvimento de frutos de pinhão manso: peso, grau de umidade, diâmetros longitudinal e transversal do fruto em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010. 18
- Figura 3.** Desenvolvimento de sementes de pinhão manso: diâmetros longitudinal e transversal, grau de umidade e massa de matéria seca da semente em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010. 19
- Figura 4.** Germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de pinhão manso em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010. 21
- Figura 5.** Comprimento de hipocótilo, de radícula e de plântula, massa seca de hipocótilo, de radícula e de plântula de pinhão manso em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010. 22

Capítulo II

- Figura 1.** Aspecto visual dos frutos e das sementes de pinhão manso nos diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010. 36

RESUMO

SILVA, Laércio Junio da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010.
Qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função do estágio de maturação dos frutos. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias. Co-orientadores: Luiz Antônio dos Santos Dias e Eduardo Euclides de Lima e Borges.

O pinhão manso (*J. curcas* L.) tem se figurado como espécie promissora para ser utilizada na produção de biodiesel, devido principalmente ao seu alto conteúdo e qualidade de óleo para biodiesel. Para essa espécie, existem poucas informações na literatura a respeito do processo de maturação das sementes, o que é fundamental para a obtenção de sementes de elevada qualidade fisiológica. Assim, a pesquisa teve como objetivos avaliar as principais alterações que ocorrem durante a maturação das sementes de pinhão manso buscando caracterizar a maturidade fisiológica e definir a época ideal para a colheita das sementes com base na coloração externa dos frutos. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos de campo em área de produção comercial no município de Viçosa, MG. Na época do florescimento das plantas, foram marcadas flores femininas no dia da antese. No primeiro experimento, a partir dos 35 dias após a antese (DAA), a cada cinco dias, até 80 DAA foram realizadas coletas de frutos. Esses foram levados para o laboratório e após extração e secagem das sementes em condições de laboratório foram determinados os seguintes parâmetros: grau de umidade, massa seca, diâmetros longitudinal e transversal das sementes, germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), crescimento de plântula; peso, grau de umidade e os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com 20 repetições para as determinações de diâmetros de frutos e sementes e massa de frutos, e quatro repetições para os demais testes de qualidade da semente. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. No segundo experimento, foram coletados frutos em diferentes estágios de maturação com base na coloração externa: verde; verde-amarelo; amarelo; amarelo-marrom e marrom. As sementes após secagem natural foram submetidas aos seguintes testes e determinações: grau de umidade e massa seca; germinação; primeira contagem de germinação; emergência de plântulas; crescimento de plântulas; envelhecimento acelerado; condutividade elétrica; peso de mil sementes e teor de óleo. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, comparando-se as médias obtidas com os tratamentos pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância. Concluiu-se que a maturidade fisiológica das sementes de pinhão manso,

representada pela máxima germinação e vigor, ocorre aos 65 DAA. Esse momento coincide com o máximo acúmulo de massa seca das sementes, que apresentam grau de umidade elevado, cerca de 52%, estando os frutos com coloração externa amarelo-marrom. As sementes obtidas de frutos amarelos e amarelo-marrons são de alta qualidade fisiológica. Já as sementes obtidas de frutos verdes têm menor conteúdo de massa seca, de óleo e qualidade fisiológica inferior às dos demais estádios de maturação. As sementes obtidas de frutos marrons apresentam elevado potencial de germinação, porém apresentam baixo vigor em relação às dos estádios amarelo e amarelo-marrom.

ABSTRACT

SILVA, Laércio Junio da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2010.
Physiological quality of physic nut seeds (*Jatropha curcas* L.) according to the stage of fruit maturation. Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.
Co-advisers: Luiz Antônio dos Santos Dias and Eduardo Euclides de Lima e Borges.

Physic nut (*J. curcas* L.) has been listed as promising species for use in biodiesel production, due mainly to its high content and quality of oil for biodiesel. For these species, there is little information about seed maturation process, which is crucial to obtaining seeds with high physiological quality. Thus, the research aimed to evaluate the main changes during maturation of physic nut seeds in order to characterize the physiological maturity and to define the adequate harvest time of the seeds based on the external color of the fruits. Two experiments were carried out in an area of commercial production in Viçosa, MG. At the flowering, female flowers were tagged at anthesis. In the first experiment, from 35 days after anthesis (DAA), every five days, until 80 DAA fruits were collected. These were taken to the laboratory and, after seed extraction and drying, the following parameters were determined: moisture content, dry matter, longitudinal and transversal diameters of the seeds, germination, first count, speed germination index (IVG), seedling growth and weight, dry matter and the transversal and longitudinal diameters of the fruits. The completely randomized design was adopted with 20 replications for the determination of diameters of fruits and seeds and fruit mass, and four replications for seed quality tests. Data were subjected to variance and regression analysis. In the second experiment, fruits were collected at different stages of maturity based on external color: green, yellow-green, yellow, yellow-brown and brown. The seeds, after natural drying, were subjected to the following tests and determinations: moisture content and dry matter, germination, first count, seedling emergence, seedling growth, accelerated aging, electrical conductivity, thousand seed weight and oil content. The completely randomized design was adopted with four replications. The means were compared by Tukey test at the 5% level of significance. It was concluded that physiological maturity of physic nut seeds, represented by the maximum germination and vigor, occurs at 65 DAA. This time coincides with the maximum accumulation of dry mass of the seeds, which have high moisture content, about 52%, and the external color of the fruits is yellow-brown. The seeds obtained of yellow and yellow-brown fruits have high physiological quality. The seeds obtained from green fruits have a lower content of dry matter, oil and physiological quality lower

than the others stages of maturation. The seeds obtained from brown fruits have a high germination potential, but they have low vigor in relation to stages yellow and yellow-brown.

INTRODUÇÃO GERAL

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem se destacado no cenário nacional como alternativa promissora na implementação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB). A importância dessa cultura está no elevado teor de óleo de suas sementes (cerca de 38%) que é de excelente qualidade e atende aos padrões para ser usado na produção de biodiesel.

O pinhão manso cresce em solos pouco férteis, é perene e fácil de ser manejado, tendo baixo custo de produção e podendo ser cultivado em consórcio com outras culturas, tanto destinadas à alimentação quanto à produção de biocombustíveis (Arruda et al., 2004). Essas características fazem com que a cultura seja uma alternativa adequada para a agricultura familiar, o que contribui para a geração de emprego e renda e para a fixação do homem no campo.

A propagação do pinhão manso pode ser feita por sementes ou estacas (Openshaw, 2000; Kumar e Sharma, 2008). A propagação por sementes resulta em maior longevidade das plantas e maior resistência à seca, o que pode ser atribuído ao maior aprofundamento do sistema radicular das plantas (Kumar e Sharma, 2008).

Ainda não existem variedades comerciais de pinhão manso. As sementes geralmente são obtidas pelos próprios agricultores, de plantas cultivadas ou isoladas. Devido ao aumento da área plantada e procura por sementes dessa espécie, foi gerado um mercado informal de sementes, o que levou o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a autorizar, por meio de portaria, a inscrição da espécie no Registro Nacional de Cultivares (RNC) sem a exigência de mantenedor (BRASIL, 2008). Assim, para a comercialização das sementes é exigido apenas o termo de compromisso e responsabilidade firmado entre o produtor de sementes e o agricultor.

Resultados de pesquisas relativos às técnicas de produção de pinhão manso e à tecnologia de produção de sementes ainda são escassos. A produção de sementes com alto padrão de qualidade, ou seja, elevado potencial de germinação e vigor, pureza e sanidade, é fundamental para o sucesso na implantação da cultura.

Os frutos de pinhão manso se caracterizam pela desuniformidade de maturação (Silip et al., 2010). Assim, podem ser encontrados na mesma planta, ou até mesmo no mesmo cacho, frutos em diferentes estádios de desenvolvimento. Essa característica inviabiliza a colheita mecanizada e pode dificultar a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica.

Os estudos referentes à maturação de sementes são importantes, pois permitem determinar a época ideal de colheita visando à produção e qualidade das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000). Um dos fatores que têm grande influência na qualidade das sementes é a sua colheita no momento adequado.

As sementes apresentam a máxima qualidade ainda no campo, no momento em que atingem a maturidade fisiológica. A partir desse ponto, tem início o processo de deterioração com queda na sua qualidade e pode trazer prejuízos econômicos. Dessa forma, o conhecimento do processo de maturação, com a identificação do ponto de maturidade fisiológica e do momento ideal para colheita, é fundamental para que sejam obtidas sementes com elevada qualidade fisiológica (Marcos Filho, 2005).

O processo de maturação de sementes, em geral, segundo Bewley e Black (1994), pode ser dividido em três fases. Na primeira ocorre a fertilização do óvulo e logo após, intensa divisão celular. Em seguida, a semente passa a acumular matéria seca no embrião e/ou endosperma. Nessa fase, ocorrem diversas alterações em características físicas e fisiológicas, como tamanho, massa de matéria seca, teor de água, germinação e vigor (Carvalho e Nakagawa, 2000). Por fim, na última fase, o fluxo de assimilados da planta para a semente se encerra, ou seja, a conexão vascular entre a planta e a semente é interrompida. Nesse momento é atingido o ponto de maturidade fisiológica e as sementes iniciam o processo de secagem com a queda rápida no teor de água (Dias, 2001).

O ponto de maturidade fisiológica tem sido caracterizado como o momento em que as sementes atingem o máximo acúmulo de massa de matéria seca (Harrington, 1972; Tekrony et al., 1980). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000), esse momento coincide com a máxima qualidade fisiológica, ou seja, potencial máximo de germinação e máximo nível de vigor e, além disso, a deterioração é mínima.

Ellis e Pieta Filho (1992), por outro lado, consideram mais apropriado descrever o ponto de máximo acúmulo de matéria seca como o ponto de maturidade de massa. Para esses autores, a maturidade fisiológica, ou seja, máximo conteúdo de massa seca pode coincidir ou não com o ponto de máxima germinação e máximo vigor. Em virtude disso, preferiram utilizar o termo maturidade de massa, para representar o momento em que o conteúdo de massa seca é máximo e maturidade fisiológica para caracterizar a qualidade máxima da semente, representada pela germinação e vigor.

Assim, a qualidade fisiológica máxima das sementes pode ocorrer próximo ao conteúdo máximo de massa seca ou ser observada um pouco antes ou depois deste. Em mamona, cultivares AL Guarany 2002 (Silva et al., 2009) e BRS – Nordestina (Braga

Júnior, 2009), o máximo conteúdo de massa seca e a máxima qualidade das sementes ocorreram ao mesmo tempo. Já em sementes de girassol da cultivar 'Contisol', a máxima massa seca foi obtida após a qualidade fisiológica máxima (Bittencourt et al., 1991).

O acúmulo de massa seca se dá de forma lenta no início do desenvolvimento das sementes, pois nesse período predominam a divisão e a expansão celular (Dias, 2001). Após a fase de divisão celular, ocorre aumento relativamente rápido na matéria seca devido à translocação de fotoassimilados da planta para a semente. Nessa fase, o teor de água das sementes está em decréscimo, mas ainda é elevado, pois essa transferência ocorre em meio líquido. No final do processo, quando ocorre a interrupção do fluxo de fotoassimilados para as sementes, o conteúdo máximo de massa seca é atingido, sendo mantido por algum tempo, podendo decrescer em resposta à respiração das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000).

Para definição do momento em que as sementes atingem a maturidade fisiológica e definição do ponto de colheita, é importante o acompanhamento de alterações em características como tamanho, massa seca, teor de água, germinação e vigor (Dias, 2001).

O teor de água do óvulo varia de 70% a 80% no momento da fertilização. A partir daí ocorre um leve aumento, seguido de uma fase de declínio lento. Após essa fase, quando as sementes atingem a maturidade fisiológica, ocorre queda rápida e acentuada do teor de água (Carvalho e Nakagawa, 2000). A secagem das sementes supostamente age no sentido de encerrar o processo de seu desenvolvimento e iniciar aqueles processos metabólicos necessários para prepará-la para a germinação e o crescimento (Kermode e Bewley, 1985). Em sementes de mamona, o teor de água no momento da maturidade fisiológica foi de 11,1% (Silva et al., 2009). Em sementes de girassol, o grau de umidade das sementes no momento da maturidade fisiológica foi de 8,78% para a variedade 'IAC-Anhandy' (Sader e Silveira, 1988); no entanto, para a variedade 'Contisol' foi de 41,1% (Bittencourt et al., 1991). Nesta espécie, Rondiani et al. (2007) afirmaram que o teor de água das sementes tem alta correlação com o acúmulo de massa seca, sendo que o teor de água de 38% pode ser usado para identificar o momento em que as sementes atingem a maturidade de massa.

Enquanto a maturação é um processo em que ocorre uma sequência de alterações que culminam com a maturidade fisiológica da semente, o ponto de colheita envolve a análise de parâmetros tecnológicos e econômicos (Marcos Filho, 2005). Segundo esse autor, a colheita no ponto de maturidade fisiológica pode não ser benéfica

para a semente, pois o teor de água ainda é alto, o que aumenta as chances de sofrer danos durante a colheita e a secagem. Da mesma forma, a colheita após esse ponto pode ser prejudicial à qualidade das sementes devido à sua exposição a condições adversas de temperatura e umidade relativa no campo. Após atingir a maturidade fisiológica, inicia-se o processo de deterioração, em que ocorre perda de matéria seca e queda na qualidade das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000). Assim, a definição do ponto de maturidade fisiológica e do momento ideal para colheita das sementes é fundamental para a obtenção de sementes com alto padrão de qualidade.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as alterações fisiológicas durante a maturação de sementes de pinhão manso, buscando caracterizar a maturidade fisiológica e definir a época ideal de colheita de frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed., New York: Plenum Press, 1994. 420p.
- BITTENCOURT, J.F.N.; SADER, R.; UNGARO, M.R.G.; TOLEDO, N.M.P. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. contisol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.81-85, 1991.
- BRAGA JÚNIOR, J.M. **Maturação, qualidade fisiológica e testes de vigor em sementes de mamona**. 2009. 118p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.
- BRASIL, **Instrução normativa nº 4 de 14 de Janeiro de 2008**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 de jan. 2008. Seção 1, p. 4.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.
- DIAS, D.C.F.S. Maturação fisiológica de sementes: o processo. **SEED News**, v.5, n.6, p.22-24, 2001.
- ELLIS, R.H.; PIETA FILHO, C. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. **Seed Science Research**, v.2, n.1, p.9-15, 1992.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage longevity. In: KOZLOWSKY, T.T. (Ed.) **Seed biology**. New York: Academic Press, v.3, p.145-245, 1972.
- KERMODE, A.R.; BEWLEY, J.D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination: acquisition of desiccation tolerance and

- germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 36, p. 1906-1915, 1985.
- KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. **Industrial crops and products**, v.28, p.1-10, 2008.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. FEALQ: Piracicaba, 2005. 495p.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v.19, p.1-15, 2000.
- RONDANINI, D.P.; SAVIN, R.; HALL, A.J. Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. **European Journal of Agronomy**, v.26, p.295-309, 2007.
- SADER, R.; SILVEIRA, M. M. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. IAC-Anhandy. **Revista Brasileira de Sementes**, v.10, n.3, p.9-18, 1988.
- SILIP, J.J.; TAMBUNAN, A.H.; HAMBALI, H.; SUTRISNO, S.; SURAHMAN, M. Lifecycle Duration and Maturity Heterogeneity of *Jatropha curcas* Linn. **Journal of Sustainable Development**, v.3, n.2, p.291-295, 2010.
- SILVA, L.B.; MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; NAKAGAWA, J. Estádios de colheita e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade de sementes de mamoneira. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.050-059, 2009.
- TEKRONY, D.M.; EGLY, D.B.; PHILLIPS, A.D. Effects of field weathering on the viability and on vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, v.72, n.5, p.749-753, 1980.

Capítulo I. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS

RESUMO – O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem se destacado no cenário nacional como alternativa promissora para a implementação do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, devido ao elevado teor de óleo de suas sementes. O plantio desta oleaginosa tem crescido no país, gerando aumento na procura por sementes. Dados relativos à produção e tecnologia de sementes dessa espécie, especialmente quanto ao processo de maturação, ainda são escassos. O acompanhamento das alterações físicas e fisiológicas dos frutos e das sementes durante o processo de maturação é importante para definição da maturidade fisiológica e da época ideal para a colheita, de modo a se obter sementes de elevada qualidade. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar as principais alterações que ocorrem durante a maturação das sementes desta espécie buscando caracterizar a maturidade fisiológica e definir a época ideal para a colheita das sementes. Para tanto, foi conduzido um experimento de campo em área de produção comercial no município de Viçosa, MG. Na época do florescimento das plantas, foram marcadas flores femininas no dia da antese. A partir dos 35 dias após a antese (DAA), a cada cinco dias, até 80 DAA foram realizadas coletas de frutos. Após a extração manual e secagem natural, as sementes foram submetidas aos seguintes testes e determinações: grau de umidade, massa seca, diâmetros longitudinal e transversal, germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG) e crescimento de plântula (comprimentos de hipocótilo, radícula e plântula e massa seca de hipocótilo, radícula e plântula). Foram determinados ainda o peso, o grau de umidade e os diâmetros transversal e longitudinal dos frutos. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão. A maturidade fisiológica, representada pela máxima germinação, vigor e conteúdo de massa seca das sementes de pinhão manso ocorre aos 65 DAA, quando o grau de umidade das sementes é de 52%. Nesse momento, a maior parte dos frutos se encontra com coloração externa amarelo-marrom. Sementes colhidas antes ou após a maturidade fisiológica têm qualidade fisiológica inferior. O tamanho das sementes aumenta com o decorrer da maturação até, aproximadamente, 50 DAA.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., germinação, vigor, maturidade fisiológica.

Chapter I. PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF PHYSIC NUT HARVESTED AT DIFFERENT TIMES

SUMMARY – Physic nut (*Jatropha curcas* L.) has emerged on the national scenery as a promising alternative for the implementation of Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel , due to the high oil content of the seeds. However, data on production and seed technology of this specie, especially regarding the maturation process are still scarce. The monitoring of physical and physiological changes of fruits and seeds during the maturation process is important to obtain high quality seeds. The objective of this study was to evaluate the main changes during seed maturation in order to characterize the physiological maturity and to define the ideal harvest time of the seeds. An experiment was carried out in an area of commercial production in Viçosa, MG. From 35 days after anthesis (DAA), every five days, until 80 DAA fruits were collected. After seed extraction and natural drying, the seeds were subjected to the following tests and determinations: moisture content, dry matter, longitudinal and transversal diameters, germination, first count, speed germination index (IVG) and seedling growth (hypocotyl, radicle and seedling length and dry weight). Moisture content, dry matter and the transversal and longitudinal diameters of the fruits were determined. Data were subjected to variance and regression analysis. The physiological maturity, represented by the maximum germination, vigor, and dry matter content of physic nut seeds occur at 65 DAA, when seed moisture content reach 52%. At this moment, the most of the fruits has external coloration yellow-brown. Seeds collected before or after physiological maturity have lower physiological quality. The seed size increases along maturity process until about 50 DAA.

Keywords: *Jatropha curcas* L., germination, vigor, physiological maturity.

INTRODUÇÃO

Com o advento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (Brasil, 2003), novas culturas passaram a figurar como alternativas à produção desse biocombustível. Dentre essas culturas, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) (*Euphorbiaceae*) ocupa lugar de destaque, pois suas sementes são ricas em óleo de excelente qualidade, o qual atende aos padrões para ser usado na produção de biodiesel (Tiwari et al., 2007).

O pinhão manso possui diversas vantagens, como rusticidade, resistência a doenças e a déficit hídrico, fácil manejo, ciclo produtivo longo, possibilidade de consórcio com outras culturas, baixo custo de produção, crescimento em solos pouco férteis e possibilidade de uso em recuperação de áreas degradadas (Openshaw, 2000; Arruda et al., 2004; Kumar e Sharma, 2008), o que o torna alternativa viável, principalmente para a agricultura familiar, e dessa forma contribui para a geração de emprego e renda.

O pinhão manso pode ser propagado por sementes, utilizando-se semeadura direta ou produção de mudas, ou por estaquia. A propagação por sementes se destaca por ser mais vantajosa ao conferir à cultura maior longevidade e maior resistência à seca (Heller, 1996). Essas vantagens são decorrentes de as plantas propagadas por sementes possuírem sistema radicular mais profundo (Kumar e Sharma, 2008).

No Brasil, houve grande aumento na área plantada e na demanda por sementes dessa oleaginosa, o que, aliado à escassez de informações quanto às técnicas de produção de sementes e à inexistência de variedades comerciais, levou o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA a autorizar, por meio de portaria, a inscrição da espécie no Registro Nacional de Cultivares (RNC) sem a exigência de mantenedor (Brasil, 2008). Assim, para a comercialização é exigido o termo de compromisso, firmado entre o produtor de sementes e o agricultor, até que sejam estabelecidos os padrões de identidade e qualidade para essa espécie.

Dentre os fatores que afetam a qualidade das sementes está a colheita na época correta. Assim, conhecer o processo de maturação das sementes é fundamental para se estabelecer o ponto em que as sementes atingem qualidade fisiológica máxima e determinar a época ideal de colheita.

A maturidade fisiológica das sementes tem sido considerada como o ponto em que a sua qualidade, representada pela germinação e vigor, é máxima. Segundo vários autores, nesse momento a semente também já atingiu o conteúdo máximo de massa de

matéria seca (Harrington, 1972; Tekrony et al., 1980). Porém, nem sempre o momento de máximo acúmulo de massa seca coincide com a qualidade máxima da semente (Ellis e Pieta Filho, 1992). Diante disso, esses autores definiram o momento em que a semente atinge a máxima massa de matéria seca como maturidade de massa, considerando o termo maturidade fisiológica como mais adequado para indicar o momento em que a germinação e o vigor são máximos.

As sementes alcançam a qualidade máxima ainda no campo e, a partir desse momento, estão fisiologicamente desligadas da planta mãe, dando início ao processo de deterioração (Carvalho e Nakagawa, 2000), que pode se intensificar devido às condições ambientais após a maturidade fisiológica (Vera et al., 2007). Assim, a colheita em momento adequado visa diminuir a deterioração das sementes provocadas por sua permanência prolongada no campo.

Durante o processo de maturação, ocorrem alterações em características físicas e fisiológicas das sementes, como tamanho, massa de matéria seca, umidade, germinação e vigor, que podem ser utilizadas para monitorar o seu desenvolvimento e maturação (Dias, 2001).

O tamanho máximo geralmente é atingido em período relativamente curto durante o período de desenvolvimento das sementes e, no final da maturação, geralmente diminui em função da secagem natural das sementes após a maturidade fisiológica (Carvalho e Nakagawa, 2000; Marcos Filho, 2005). Em sementes de soja, a redução do tamanho em função da queda no grau de umidade foi um indicador preciso do índice de maturação (Crookston e Hill, 1978).

A massa de matéria seca aumenta de forma lenta no início do desenvolvimento da semente, fase em que predominam a divisão e a expansão celular (Carvalho e Nakagawa, 2000). Em seguida, ocorre aumento acentuado das reservas da semente devido à translocação de fotossintatos a partir das folhas. Após atingir o máximo acúmulo de matéria seca, as sementes não estão mais ligadas fisiologicamente à planta, podendo ocorrer redução da matéria seca devido ao processo de respiração intensa das sementes que ainda têm alto grau de umidade, como encontrado por Sader e Silveira (1988) em sementes de girassol.

O teor de água é elevado no início do desenvolvimento das sementes. Após a fase de divisão e expansão celular, com o início do acúmulo de reservas, o teor de água passa a diminuir de forma contínua e lenta (Carvalho e Nakagawa, 2000). Quando as sementes atingem a maturidade fisiológica, o teor de água diminui de forma rápida e acentuada até começar a oscilar de acordo com a umidade relativa do ambiente (Ahrens

e Peske, 1994; Carvalho e Nakagawa, 2000; Lucena et al., 2008; Dias e Nascimento, 2009).

A germinação e o vigor geralmente aumentam com o decorrer da maturação até atingirem um valor máximo, que pode coincidir ou não com o conteúdo máximo de massa seca (Dias e Nascimento, 2009).

Assim, conhecendo a evolução de cada um destes parâmetros durante o processo de maturação é possível identificar não apenas o ponto em que as sementes atingem a maturidade fisiológica como também definir a época ideal para a colheita, o que tem sido feito para diversas espécies oleaginosas (Sader e Silveira, 1988; Rosseto et al., 1994; Elias e Copeland, 2001; Silva et al., 2009).

Sementes de mamona da cultivar ‘AL Guarany 2002’ com máxima qualidade fisiológica e massa seca foram obtidas de frutos colhidos aos 86 dias após a antese - DAA (Silva et al., 2009). Segundo esses autores, a colheita pode se estender até 128 DAA sem prejuízo da germinação, porém com perda de sementes por deiscência dos frutos e redução no vigor. Braga Júnior (2009) verificou que o máximo acúmulo de massa seca coincidiu com a máxima germinação das sementes da cultivar ‘BRS Nordestina’, aos 42 DAA.

Em sementes de girassol da cultivar ‘IAC-Anhandy’, a maturidade fisiológica foi obtida aos 69 DAA, quando a massa de matéria seca, a germinação e o vigor foram máximos, e o grau de umidade das sementes era de 8,78% (Sader e Silveira, 1988). Já para a cultivar ‘Contisol’, a maturidade fisiológica foi alcançada aos 37 dias após o final do florescimento, quando as sementes possuíam a máxima qualidade fisiológica (Bittencourt et al., 1991). Para Rondanini et al. (2007), o acúmulo de massa seca em sementes de girassol tem alta correlação com o grau de umidade e o monitoramento desse parâmetro pode ser usado para se determinar o momento de máximo acúmulo de massa de matéria seca.

Contudo, em diferentes cultivares de canola, Elias e Copeland (2001) verificaram que, quando as sementes atingiram a máxima massa de matéria seca, o grau de umidade variou de 20,3% a 36%, sendo que germinação e vigor máximos foram obtidos quando o grau de umidade das sementes se encontrava próximo de 10%.

Também Rosseto et al. (1994), trabalhando com sementes de amendoim, observaram que a máxima qualidade fisiológica, obtida aos 129 dias após a semeadura, ocorreu quando o teor de água das sementes era 6,29%, sendo que o peso de massa seca das sementes não variou entre 108 e 143 dias após a semeadura.

Em sementes de faveleira, *Cnidosculus quercifolius* (*Euphorbiaceae*), a maturidade fisiológica ocorreu aos 65 dias após o florescimento, quando a matéria seca dos frutos era máxima, assim como a germinação e o vigor das sementes; nesse momento, o grau de umidade era de 22,7% (Silva et al., 2008).

Diante do exposto e da escassez de informações quanto ao desenvolvimento dos frutos e das sementes de pinhão manso, o objetivo do trabalho foi estudar o processo de maturação de sementes dessa espécie, buscando caracterizar a maturidade fisiológica e definir a época ideal para a colheita das sementes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma lavoura de produção comercial de pinhão manso (*J. curcas* L.) localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. A lavoura foi implantada no ano de 2006 com a utilização do espaçamento 3,5 x 3 metros entre as plantas.

As plantas, escolhidas ao acaso na área do experimento, tiveram suas flores femininas marcadas no dia da abertura floral, sendo marcadas aproximadamente 5000 flores. Após o pegamento dos frutos, esses foram protegidos com sacos plásticos perfurados para permitir a respiração e protegê-los contra o ataque de percevejos.

A partir dos 35 dias após a antese - DAA, a cada cinco dias, até 80 DAA foram realizadas coletas de frutos, os quais foram levados para o Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia da UFV, onde as sementes foram extraídas manualmente e submetidas à secagem natural em ambiente de laboratório. Os frutos e as sementes obtidos em cada época de colheita foram submetidos aos seguintes testes e determinações:

Aspecto visual dos frutos e das sementes

Os frutos foram classificados, com base na coloração externa, de acordo com o seu estágio fenológico. O aspecto visual dos frutos e das sementes foi apresentado por meio de imagem fotográfica.

Peso de frutos

Determinado a partir de uma amostra composta por 20 frutos, que foram pesados em balança com precisão de 0,001g. Cada fruto constituiu uma repetição. Os resultados foram expressos em mg/fruto.

Diâmetros transversal e longitudinal de fruto

Os diâmetros transversal e longitudinal foram determinados em uma amostra de 20 frutos com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01mm. Cada fruto constituiu uma repetição. Os resultados foram expressos em mm/fruto.

Grau de umidade e massa de matéria seca da semente

O grau de umidade foi determinado pelo método de estufa a $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24h, segundo as prescrições das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Foram utilizadas duas repetições de 25 sementes cada. O resultado foi expresso em percentagem de umidade em base úmida. A massa de matéria seca foi determinada com base no grau de umidade das sementes e expresso em mg/sememente.

Diâmetros transversal e longitudinal de semente

Os diâmetros transversal e longitudinal foram determinados em uma amostra de 20 sementes com auxílio de paquímetro digital, com precisão de 0,01mm. Cada semente constituiu uma repetição. Os resultados foram expressos em mm/sememente.

Germinação

Para o teste de germinação foram utilizadas oito repetições de 25 sementes cada. As sementes foram distribuídas em rolos de papel umedecido com água na proporção de 2,7 vezes o peso do papel. Os rolos foram mantidos em germinador à temperatura constante de 25°C (Oliveira, 2009). O resultado consistiu na percentagem de plântulas normais obtidas aos 7, 12 e 17 dias após a semeadura.

Primeira contagem de germinação

O teste de primeira contagem da germinação foi conduzido juntamente ao teste de germinação. O resultado consistiu na percentagem de plântulas normais obtidas aos sete dias após a semeadura.

Crescimento de plântulas

Foi conduzido juntamente com o teste de germinação. Aos 7, 12 e 17 dias após a semeadura, com auxílio de régua graduada, para cada plântula considerada normal, foram determinados o comprimento do hipocótilo e o da radícula. Em seguida, as plântulas foram seccionadas e levadas para estufa de circulação de ar forçada, regulada para a temperatura de 70°C , até atingirem peso constante. Os pesos de massa seca do

hipocótilo e da radícula foram determinados em balança com precisão de 0,001g. Os dados obtidos aos 7, 12 e 17 dias foram considerados conjuntamente, sendo que o comprimento médio foi expresso em mm/plântula e a massa seca em mg/plântula.

Índice de velocidade de germinação

Conduzido juntamente com o teste de germinação, sendo considerados os dados obtidos nas contagens diárias. O índice de velocidade de germinação foi calculado através da seguinte fórmula (Maguire, 1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que:

IVG – Índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, \dots, G_n – Número de plântulas normais contabilizadas na primeira, segunda, ..., e última contagens;

N_1, N_2, \dots, N_n – Número de dias decorridos da sementeira até a primeira, segunda, ..., e última contagens.

Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 20 repetições para as determinações de diâmetros de frutos e sementes e massa de frutos, e quatro repetições para os demais testes. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste de normalidade Shapiro-Wilk e regressão a 5% de probabilidade. As estimativas dos parâmetros da regressão foram analisadas pelo teste t a 5% de probabilidade. As análises foram feitas com auxílio do programa estatístico SAS (Delwiche e Slaughter, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aspecto visual dos frutos e das sementes de pinhão manso colhidos em diferentes épocas é apresentado na Figura 1. Até 55 DAA os frutos permaneceram com coloração externa verde, quando se iniciou o amarelecimento. Aos 60 DAA, os frutos se apresentavam com coloração amarela e amarela com algumas manchas marrons. Aos 65 DAA, verifica-se que a maioria dos frutos apresentava-se completamente marrom ou marrom com pequenas manchas amarelas. Observa-se que o processo de amadurecimento dos frutos ocorreu de forma rápida, pois, em média, os frutos passaram da coloração verde para marrom escuro em apenas dez dias. A partir dos 70 DAA, os frutos ficaram secos com coloração externa totalmente marrom.

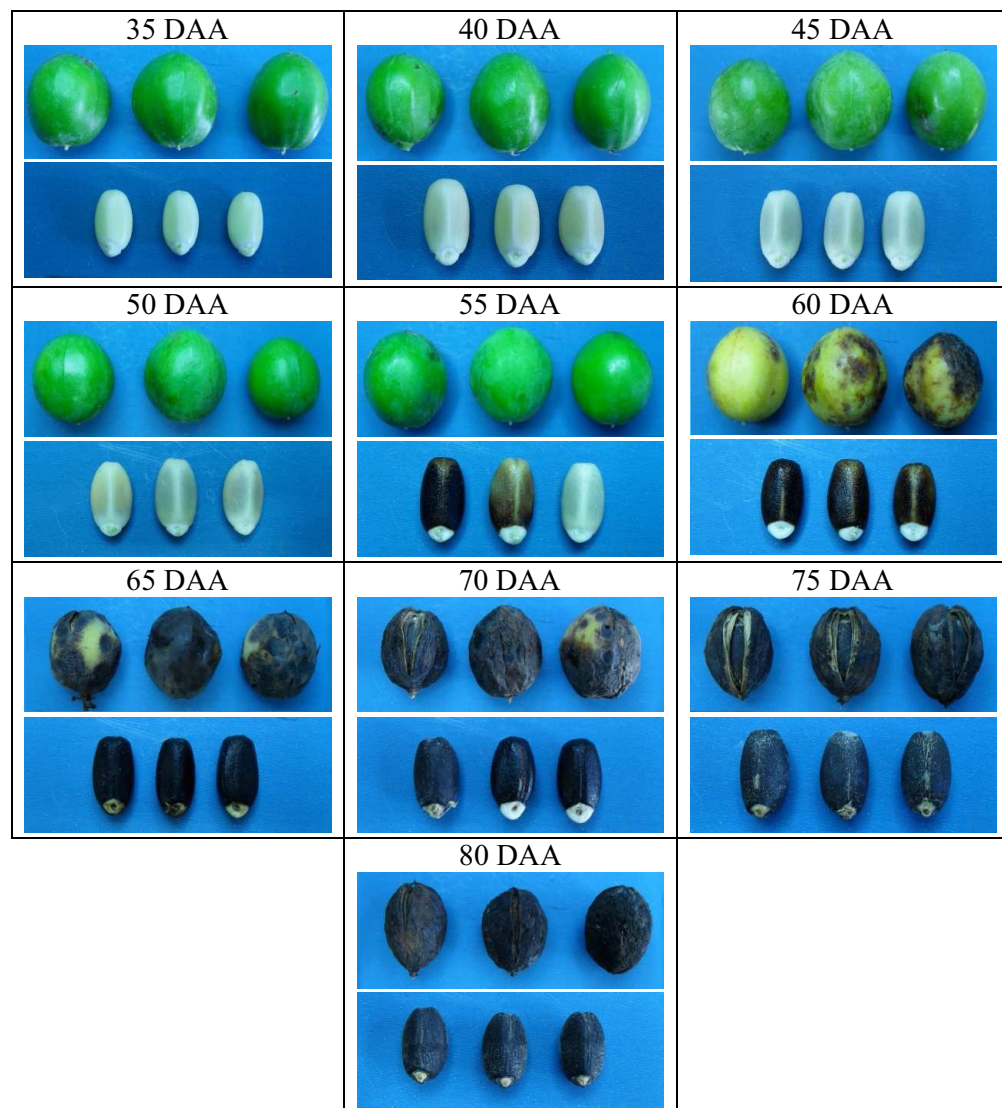


Figura 1. Aspecto visual de frutos e sementes de pinhão manso em função dos dias após a antese. UFV, Viçosa, MG, 2010.

O peso dos frutos aumentou até 49 DAA, momento em que foi atingido o valor máximo (11,4g/fruto) e, em seguida, houve decréscimo (Figura 2). O grau de umidade dos frutos manteve-se elevado até 70 DAA, sendo que o valor máximo foi atingido aos 64 DAA (90,4%). A partir de 70 DAA decresceu de forma rápida e acentuada, atingindo 41% aos 80 DAA. Os frutos atingiram tamanho máximo entre 47 e 50 DAA, quando apresentaram os diâmetros longitudinal e transversal máximos, 34,2 mm e 30,0 mm, respectivamente, ocorrendo redução a partir daí. A redução no peso e no tamanho dos frutos pode ser atribuída ao processo de secagem dos frutos, havendo perda de água e de massa seca (Corrêa et al., 2006; Goneli et al., 2006).

Os maiores diâmetros transversal (11,9 mm) e longitudinal (21,2 mm) das sementes ocorreram aos 47 e 52 DAA, respectivamente (Figura 3), ocorrendo redução com o avanço do processo de maturação a partir deste ponto, o que pode ser atribuído à perda de água pelas sementes. Em sementes de mamona, Braga Júnior (2008) verificou que o tamanho máximo foi atingido entre 21 e 28 DAA. Já para sementes de girassol, Bittencourt et al. (1991) verificaram que as sementes atingiram o tamanho máximo entre 37 e 40 DAA.

A massa de matéria seca das sementes (Figura 3) aumentou com o avanço do processo de maturação até 65 DAA, quando foi atingido o valor máximo (557,1 mg/semente), estando os frutos com coloração externa marrom na sua totalidade ou com pequenas manchas amarelas (Figura 1). Após esse ponto, houve um pequeno decréscimo na massa seca, indicando que a partir deste momento, as sementes estavam fisiologicamente desligadas da planta mãe. Este decréscimo é um indicativo de que houve perda de massa seca em função da respiração das sementes, que conforme ilustra a Figura 3, neste momento, ainda apresentavam grau de umidade elevado, cerca de 52%. Em sementes de mamona, a máxima massa de matéria seca foi obtida de frutos colhidos aos 86 DAA (Silva et al., 2009) e em sementes de girassol aos 69 DAA (Sader e Silveira, 1988). Verifica-se ainda que, o tamanho máximo das sementes foi obtido cerca de 50 DAA (Figura 3) um pouco antes do conteúdo máximo de massa seca ser atingido, o que ocorreu aos 65 DAA aproximadamente.

O grau de umidade das sementes (Figura 3), que inicialmente era alto, ou seja, 85,3% aos 35 DAA, diminuiu com o avanço do processo de maturação e, aos 70 DAA as sementes apresentavam 48,5% de água. A partir desse momento, a redução foi mais acentuada atingindo o valor de 23,2% aos 80 DAA. A secagem das sementes atua no encerramento do processo de maturação e no início dos processos metabólicos necessários na preparação das sementes para a germinação e o crescimento (Kermode e

Bewley, 1985; Rosenberg e Rinne, 1986). Quando não estão fisiologicamente ligadas à planta mãe, o grau de umidade das sementes tende a entrar em equilíbrio com a umidade relativa do ambiente (Ahrens e Peske, 1994).

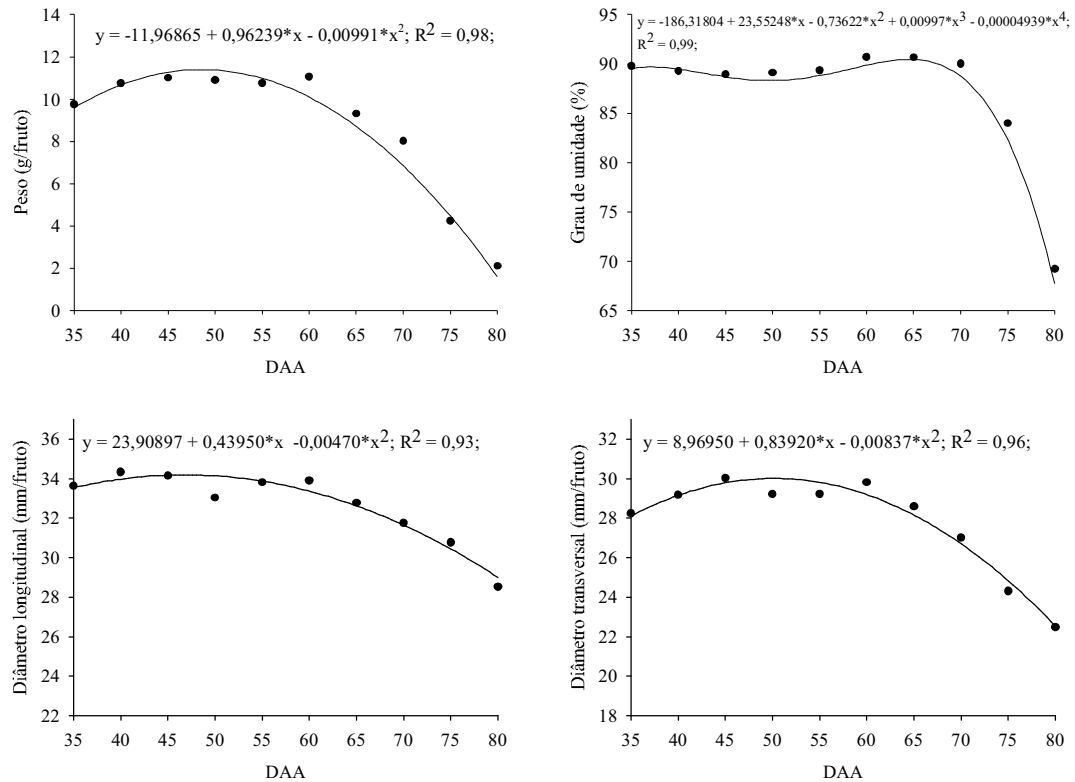


Figura 2. Desenvolvimento de frutos de pinhão manso: peso, grau de umidade, diâmetros longitudinal e transversal do fruto em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010.

Relacionando os resultados do grau de umidade com os de massa seca das sementes (Figura 3), verifica-se nas etapas iniciais do processo de maturação que, durante a fase de aumento na massa seca o teor de água decresce lentamente, mas ainda se mantém relativamente alto até próximo aos 70 DAA (cerca de 50%), visto ser água o veículo fundamental para a translocação de assimilados da planta para a semente. A partir do ponto em que o conteúdo de massa seca é máximo (65 DAA) observa-se redução mais acentuada da umidade das sementes, indicando que a maturidade fisiológica foi atingida e que se inicia no fruto e nas sementes um processo de secagem natural, estando ainda ligadas fisicamente à planta mãe, conforme também observado por outros autores (Sader e Silveira, 1988; Braga Júnior, 2009; Silva et al., 2009;). Verifica-se, pela Figura 1, que aos 65 DAA os frutos apresentavam-se com coloração

externa marrom ou marrom com pequenas manchas amarelas, a partir daí, começaram a secar.

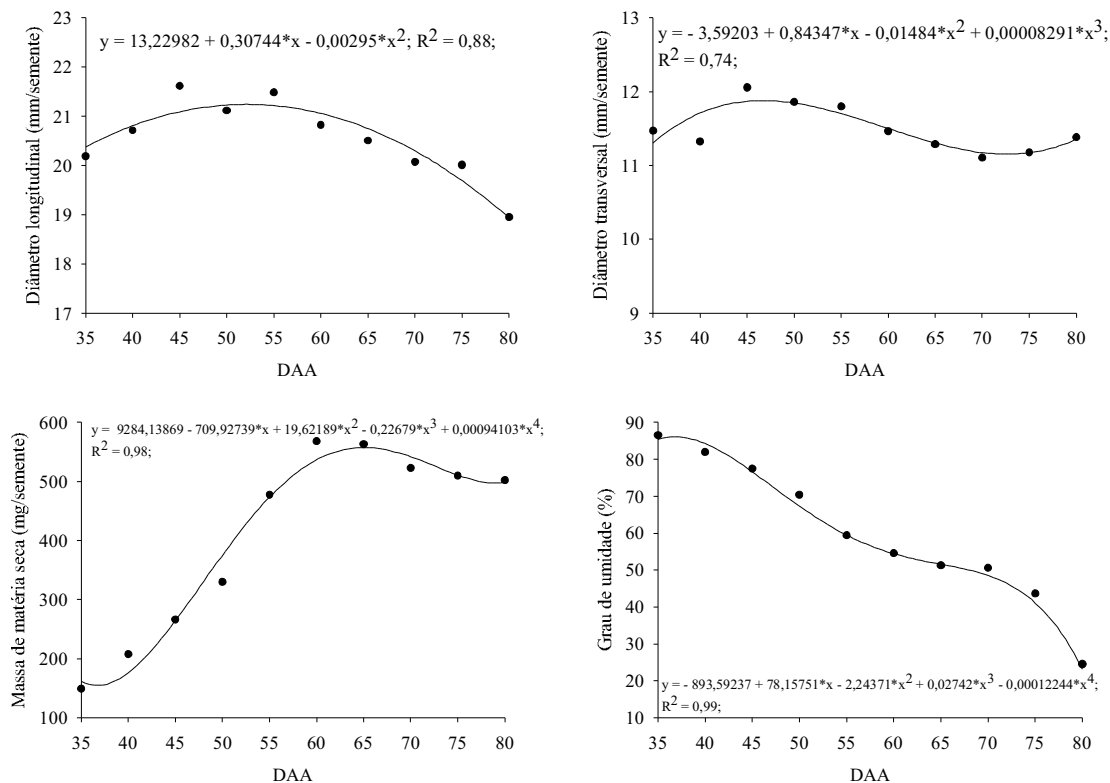


Figura 3. Desenvolvimento de sementes de pinhão manso: diâmetros longitudinal e transversal, grau de umidade e massa de matéria seca da semente em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010.

Em geral, o grau de umidade das sementes não é um bom indicador da maturidade fisiológica, visto que pode variar em função do genótipo e das condições ambientais, como observado por Elias e Copeland (2001) em sementes de diferentes variedades de canola, nas quais o grau de umidade das sementes variou de 20,3% a 36% no momento em que a máxima massa de matéria seca foi atingida.

As sementes de pinhão manso adquiriram a capacidade de germinar aos 45 DAA (Figura 4). Em sementes ortodoxas, a capacidade de germinar é adquirida após a fase de histodiferenciação, quando as sementes passam a acumular massa seca (Bewley e Black, 1994; Kermode, 1997). Como a germinação obtida aos 35 DAA e 40 DAA foi nula, os dados referentes a essas duas épocas de colheita não constam nas Figuras 4 e 5.

A germinação das sementes (Figura 4) aumentou gradativamente a partir dos 45 DAA, atingindo o valor máximo (72%) aos 64 DAA, praticamente coincidindo com a

época de máximo acúmulo de massa seca que ocorreu aos 65 DAA (Figura 3). A partir daí, houve decréscimo acentuado na germinação, de modo que aos 80 DAA a germinação das sementes foi de 25%.

A germinação na primeira contagem (Figura 4) aumentou com o decorrer do processo de maturação até os 66 DAA, momento em que foi obtido o valor máximo (51%), conforme também observado para a germinação das sementes (Figura 4). Em seguida, houve decréscimo atingindo o valor de 25% aos 80 DAA, valor este igual ao obtido na contagem final do teste de germinação. A primeira contagem de germinação pode ser utilizada como um indicativo do vigor das sementes, pois reflete a sua velocidade de germinação (Nakagawa, 1999). Comportamento semelhante foi obtido quando se determinou o IVG (Figura 4), onde o maior valor (2,6) foi observado aos 65 DAA, declinando em seguida. Sementes de melhor qualidade fisiológica, com máxima germinação e vigor, avaliado pela primeira contagem de germinação e IVG, foram obtidas quando os frutos foram colhidos aos 65 DAA, o que coincidiu com o acúmulo máximo de matéria seca (Figura 3). Estes resultados estão de acordo com a hipótese de Harrington (1972), que afirmou que a qualidade máxima das sementes é atingida ao final do período de acúmulo de massa seca, o que também foi constatado por Sobrinho et al. (1980), Sader e Silveira (1988), Silva et al. (2008), Braga Júnior (2009) e Silva et al. (2009).

A qualidade máxima das sementes pode coincidir ou não com o ponto onde o acúmulo de massa seca é máximo, podendo ocorrer um pouco antes (Nakagawa et al., 1986; Bittencourt et al, 1991) ou depois (Zanakis, 1994). Por isto, Ellis e Pieta Filho (1992) consideram como maturidade de massa o ponto em que as sementes atingem a máxima massa de matéria seca e maturidade fisiológica como o termo mais adequado para indicar o momento em que a germinação e o vigor são máximos.

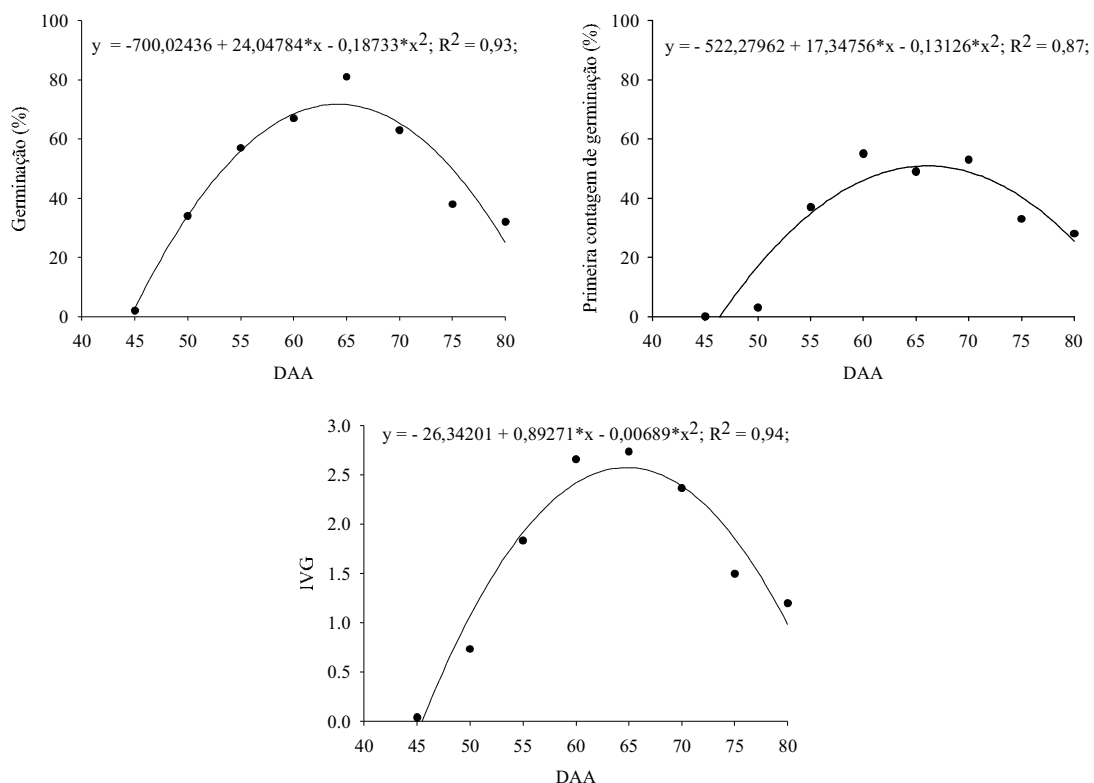


Figura 4. Germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de pinhão manso em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010.

Pelos resultados obtidos nos testes de crescimento de plântulas (Figura 5), observa-se que o vigor das sementes aumentou com a idade dos frutos, decrescendo após atingirem o valor máximo. Os maiores valores de comprimento de hipocótilo (22,8 mm/plântula), de raiz (1,6 mm/plântula) e de plântula (24,4 mm/plântula), ocorreram aos 63 DAA. A máxima massa seca de hipocótilo (64,3 mg/plântula), de raiz (6,7 mg/plântula) e de plântula (70,9 mg/plântula) ocorreram aos 64, 63 e 64 DAA, respectivamente. Portanto, plântulas mais vigorosas foram originadas de sementes colhidas cerca de 65 DAA, concordando com os resultados obtidos nos testes de germinação, primeira contagem de germinação e IVG (Figura 4). Observa-se ainda que o máximo vigor das sementes, avaliado pelo crescimento das plântulas, coincidiu também com a máxima massa de matéria seca (Figura 3), observada aos 65 DAA. Em sementes de *Cnidosculus quercifolius* (Euphorbiaceae), a máxima germinação e vigor das sementes ocorreu ao mesmo tempo em que a massa de matéria seca foi máxima (Silva et al., 2008), o mesmo ocorrendo em sementes de mamona (Braga Júnior, 2009; Silva et al., 2009), girassol (Sader e Silveira, 1988) e algodão (Sobrinho et al., 1988).

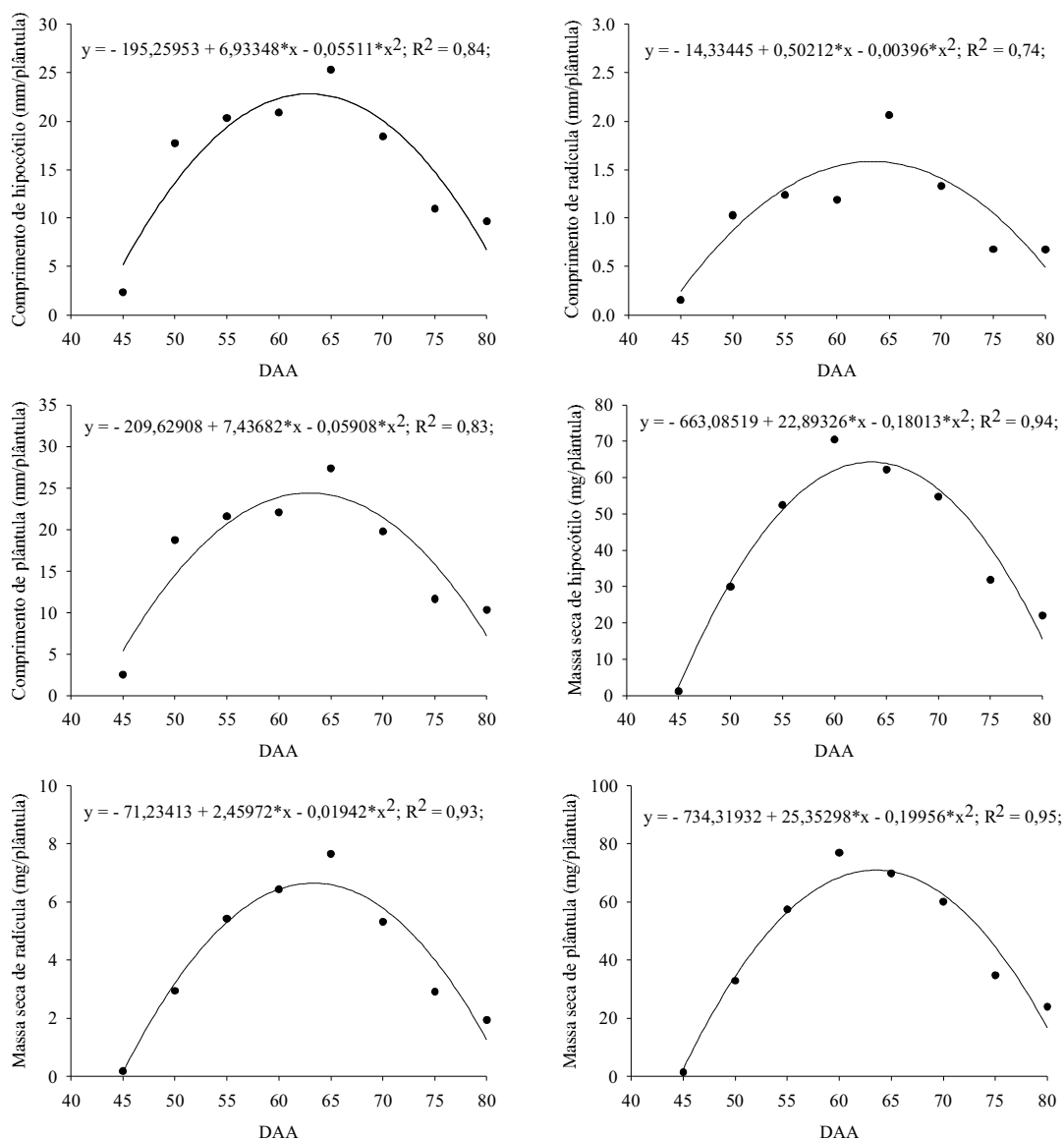


Figura 5. Comprimento de hipocótilo, de radícula e de plântula, massa seca de hipocótilo, de radícula e de plântula de pinhão manso em função dos dias após a antese (DAA). UFV, Viçosa, MG, 2010.

Em geral, na maioria dos trabalhos referentes à maturação de sementes, a maturidade fisiológica tem sido caracterizada como o ponto em que a germinação, o vigor e a massa de matéria seca das sementes são máximos (Carvalho, 1972; Crookston e Hill, 1978; Sader e Silveira, 1988; Silva et al., 2008). Portanto, baseado nesses parâmetros, pode-se constatar que a maturidade fisiológica das sementes de pinhão manso ocorreu aos 65 DAA. Nesse momento, o teor de água das sementes ainda era relativamente alto, cerca de 52%, e os frutos apresentavam coloração externa marrom ou marrom com pequenas manchas amareladas.

CONCLUSÕES

A maturidade fisiológica, representada pela máxima germinação, máximos vigor e massa de matéria seca de sementes de pinhão manso, ocorre aos 65 DAA, quando o grau de umidade das sementes é de 52%. Nesse momento, a maior parte dos frutos se encontra com coloração externa amarelo-marrom.

Sementes colhidas antes ou após a maturidade fisiológica têm qualidade fisiológica inferior àquelas colhidas na maturidade fisiológica.

O tamanho das sementes aumenta com o decorrer da maturação até aproximadamente 50 DAA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, D.C.; PESKE, S.T. Flutuações de umidade e qualidade em semente de soja após a maturação fisiológica. I. Avaliação do teor de água. **Revista Brasileira de Sementes**, v.16, n.1, p.107-110, 1994.
- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- BITTENCOURT, J.F.N.; SADER, R.; UNGARO, M.R.G.; TOLEDO, N.M.P. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. contisol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.13, n.2, p.81-85, 1991.
- BRAGA JÚNIOR, J.M. **Maturação, qualidade fisiológica e testes de vigor em sementes de mamona**. 2009. 118p. Tese (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.
- BRASIL, **Instrução normativa nº 4 de 14 de Janeiro de 2008**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 de jan. 2008. Seção 1, p. 4.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Relatório do Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal - **Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia**. Brasília, 2003.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed., New York: Plenum Press, 1994. 420p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p.

- CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; RESENDE, O.; FERNANDO MENDES BOTELHO, F.M. Contração volumétrica dos frutos de mamona durante a secagem. In: **Congresso Brasileiro de Mamona – Cenário atual e perspectivas**. 2. 2006. **Anais**. Aracaju, 2006.
- CROOKSTON, R.K.; HILL, D.S. A Visual Indicator of the Physiological Maturity of Soybean Seed. **Crop Science**, v.18, p.867-870, 1978.
- DELWICHE, L.D.; SLAUGHTER, S.J. **The little SAS book: A Primer**. Cary: SAS Institute, 2003. 268p.
- DIAS, D.C.F.S. Maturação fisiológica de sementes: o processo. **SEED News**, v.5, n.6, p.22-24, 2001.
- DIAS, D.C.F.S.; NASCIMENTO, W.M. Desenvolvimento, maturação e colheita de sementes de hortaliças. In: Nascimento, W.M. (Ed.) **Tecnologia de Sementes de Hortaliças**. Brasília, Embrapa Hortaliças, p.11-74. 2009.
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, v.71, n.2, p.428-434, 1958.
- ELIAS, S.G.; COPELAND, L.O. Physiological and Harvest Maturity of Canola in Relation to Seed Quality. **Agronomy Journal**, v.93, p.1054-1058, 2001. ELLIS, R.H.; PIETA FILHO, C. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. **Seed Science Research**, v.2, n.1, p.9-15, 1992.
- GONELI, A.L.D.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; BOTELHO, F.M. Propriedades físicas dos frutos de mamona durante a secagem. In: **Congresso Brasileiro de Mamona – Cenário atual e perspectivas**. 2. 2006. **Anais**. Aracaju, 2006.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage longevity. In: KOSLOWSKY, T.T. (Ed.) **Seed biology**. New York: Academic Press, v.3, p.145-245, 1972.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage longevity. In: KOZLOWSKY, T.T. (Ed.) **Seed biology**. New York: Academic Press, v.3, p.145-245, 1972.

- HELLER, J. Physic nut. *Jatropha curcas* L. **Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 1996, 66p.
- KERMODE, A. R. Approaches to elucidate the basis of desiccation-tolerance in seed. **Seed Science Research**, v.7, p.75-95, 1997.
- KERMODE, A.R.; BEWLEY, J.D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination: acquisition of desiccation tolerance and germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 36, p. 1906-1915, 1985.
- KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. **Industrial Crops and Products**, v.28, p.1-10, 2008.
- LUCENA, A.M.A.; SEVERINO, L.S.S.; BELTRÃO, N.E.M.; SOFIATTI, V.; BORTOLUZI, C.R.D. Estudo do processo de maturação da mamoneira: III Secagem e deiscência dos frutos. In: **Congresso Brasileiro de Mamona – Energia e Recinoqímica**. 3. 2008. **Anais**. Salvador, 2008.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-and in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. FEALQ: Piracicaba, 2005. 495p.
- NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, R.M. Efeitos da maturação e dos métodos de secagem na qualidade de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v.8, n.3, p.83-98, 1986.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.

- OLIVEIRA, G.L. **Testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2009. 60p. Tese (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v.19, p.1-15, 2000.
- RONDANINI, D.P.; SAVIN, R.; HALL, A.J. Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. **European Journal of Agronomy**, v.26, p.295-309, 2007.
- ROSENBERG, L.A.; RINNE, R.W. Moisture loss as a prerequisite for seedling growth in soybean seeds (*Glycine max* L. Merr.). **Journal of Experimental Botany**, v.37, n.184, p.1663-1674, 1986.
- ROSSETTO, C.A.V.; NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Efeito do momento de colheita e da calagem na qualidade fisiológica de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L) cv. Botutatu. **Revista Brasileira de Sementes**, v.16, n.2, p.138-146, 1994.
- SADER, R.; SILVEIRA, M. M. Maturação fisiológica de sementes de girassol cv. IAC-Anhandy. **Revista Brasileira de Sementes**, v.10, n.3, p.9-18, 1988.
- SILVA, L.B.; MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; NAKAGAWA, J. Estádios de colheita e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade de sementes de mamoneira. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.50-59, 2009.
- SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B.; MATOS, V.P.; VIÉGAS, R.A.; MENDONÇA, I.F.C. Physiological maturity of *Cnidoculus quercifolius* Pax & K. Hoffm. seeds. **Scientia Forestalis**, v.36, n.77, p.15-20, 2008.
- SOBRINHO, R.B.; BARREIRO NETO, M.; SANTOS, E.O. Maturação e qualidade fisiológica em sementes de algodão, *Gossypium hirsutum* L. Latifolium Hutch. **Ciência Agrônômica**, v.11, n.2, p.123-131, 1980.

- TEKRONY, D.M.; EGLY, D.B.; PHILLIPS, A.D. Effects of field weathering on the viability and on vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, v.72, n.5, p.749-753, 1980.
- TIWARI, A.K.; KUMAR, A.; RAHEMAN, H. Biodiesel production from jatropha oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: an optimized process. **Biomass and Bioenergy**, v.31, .8, p.569–575, 2007.
- VERA, C.L.; DOWNEY, R.K.; WOODS, S.M.; RANEY, J.P.; MCGREGOR, D.I.; ELLIOTT, R.H.; JOHNSON, E.N. Yield and quality of canola seed as affected by stage of maturity at swathing. **Canadian Journal of Plant Science**, v.87, n.1, p.13-26, 2007.
- ZANAKIS, G.N.; ELLIS, R.H.; SUMMERFIELD, R.J. Seed quality in relation to seed development and maturation in three genotypes of soyabean (*Glycine max*). **Experimental Agriculture**, v.30 , p.139-156, 1994.

Capítulo II. QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO COLHIDAS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DOS FRUTOS

RESUMO – O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem grande potencial para ser utilizado na produção de biodiesel devido ao elevado teor de óleo de suas sementes. Assim, tem havido aumento na área plantada e na procura por sementes dessa oleaginosa. A colheita das sementes em momento adequado é fundamental para se obter sementes de elevada qualidade. Assim, os objetivos deste trabalho foram monitorar o processo de maturação de sementes de pinhão manso e estabelecer o ponto ideal para a colheita das sementes com base na coloração dos frutos. Para tanto, foi conduzido um experimento de campo em área de produção comercial no município de Viçosa, MG. Na época de florescimento das plantas, foram marcadas flores femininas no dia da antese. Os frutos foram coletados em diferentes estádios de maturação com base na coloração externa: verde; verde-amarelo; amarelo; amarelo-marrom e marrom. As sementes foram extraídas manualmente e, após secagem natural, foram submetidas aos seguintes testes e determinações: grau de umidade e massa seca; germinação; primeira contagem de germinação; emergência de plântulas; crescimento de plântulas; envelhecimento acelerado; condutividade elétrica; peso de mil sementes e teor de óleo. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e, para cada teste, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sementes de pinhão manso de alta qualidade fisiológica são obtidas de frutos amarelos e amarelo-marrons. Sementes obtidas de frutos verdes têm menor conteúdo de massa seca, de óleo e qualidade fisiológica inferior às dos demais estádios de maturação. As sementes obtidas de frutos marrons possuem elevado potencial de germinação, no entanto apresentam menor vigor em relação às dos estádios amarelo e amarelo-marrom.

Palavras-chave: *Jatropha curcas* L., germinação, vigor, colheita, maturidade.

Chapter II. PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF PHYSIC NUT HARVESTED AT DIFFERENT STAGES OF FRUIT MATURATION

SUMMARY – The physic nut (*Jatropha curcas* L.) has great potential for use in biodiesel production due to high oil content of its seeds. There has been an increase in planted area and in the demand for seed of this crop. Production of high quality seeds depends upon the appropriate time of harvest. This work aimed to monitor the maturation process of physic nut seeds and to establish the ideal harvest time of the seeds based on the external fruit color. For this, a field experiment was carried out in an area of commercial production in Viçosa, MG. At flowering, female flowers were tagged at anthesis. Fruits were collected at different maturation stages based on the external color: green, yellow-green, yellow, yellow-brown and brown. Seeds were extracted manually and, after natural drying, were submitted to the following tests and determinations: moisture content and dry matter, germination, first count seedling emergence, seedling growth, accelerated aging, electrical conductivity, one thousand seeds weight and oil content. The randomized design was used with four replications. Data were subjected to analysis of variance and, for each test, treatment means were compared by Tukey test at 5% probability. Physic nut seeds with high physiological quality are obtained from yellow and yellow-brown fruits. Seeds from green fruits have lower physiological quality, dry matter and oil content than the other maturation stages. The seeds obtained from brown fruits have a high germination potential, but have low vigor in relation to stages yellow and yellow-brown.

Keywords: *Jatropha curcas* L., germination, vigor, harvest, maturity.

INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) pertence à família *Euphorbiaceae*. A planta é um arbusto que mede de dois a três metros de altura, podendo atingir até cinco metros, cresce em solos pouco férteis, sendo pouco atacada por pragas e doenças, resistente a déficit hídrico, podendo ser usada para recuperação de áreas degradadas (Openshaw, 2000; Arruda et al., 2004; Kumar e Sharma, 2008). As sementes são ricas em óleo, o qual atende aos padrões para ser usado na produção de biodiesel (Tiwari et al., 2007).

Com o advento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (Brasil, 2003), houve grande interesse por essa espécie como alternativa viável e adequada principalmente para a agricultura familiar, devido às suas características de rusticidade, fácil manejo, baixo custo de produção e possibilidade de consórcio com outras culturas.

A propagação do pinhão manso pode ser feita através de sementes e estacas, com predomínio da propagação por sementes, que confere maior longevidade às plantas e maior resistência à seca (Heller, 1996), o que pode ser devido ao maior aprofundamento do sistema radicular (Kumar e Sharma, 2008).

Com o aumento do plantio e da demanda por sementes de pinhão manso e devido à inexistência de um sistema organizado de produção de sementes dessa espécie, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autorizou a inscrição da espécie *J. curcas* L, por meio de portaria, no Registro Nacional de Cultivares (RNC) sem a exigência de mantenedor. Para a comercialização é exigido apenas o termo de compromisso firmado entre o produtor de sementes e o agricultor (Brasil, 2008).

Dados relativos à produção e tecnologia de sementes de pinhão manso, especialmente os relacionados à maturação das sementes dessa espécie, ainda são escassos. A maioria dos estudos encontrados na literatura refere-se à determinação das condições ótimas para a germinação das sementes (Nobre et al., 2007; Santos et al., 2007; Oliveira, 2009).

O conhecimento do processo de maturação das sementes visa determinar o momento ideal da colheita, uma vez que é um dos fatores que tem grande influência na qualidade das sementes (Carvalho e Nakagawa, 2000), pois minimiza a deterioração provocada por sua permanência prolongada no campo (Marcos Filho, 2005).

As sementes atingem a máxima qualidade, ou seja, máxima germinação e vigor, no momento em que atingem a maturidade fisiológica, que segundo alguns autores, coincide com o acúmulo máximo de massa de matéria seca (Harrington, 1972; Tekrony

et al., 1980). Nesse ponto, a qualidade fisiológica é máxima e a deterioração é mínima (Carvalho e Nakagawa, 2000).

No entanto, segundo Ellis e Pieta Filho (1992), a ocorrência da máxima qualidade das sementes pode ou não coincidir com o momento de máximo acúmulo de massa de matéria seca. Então, definiram como maturidade de massa o momento em que as sementes atingem a máxima massa de matéria seca, sugerindo o termo maturidade fisiológica como o mais adequado para indicar o momento em que a germinação e o vigor das sementes são máximos.

A definição do momento ideal para a colheita envolve a análise de parâmetros tecnológicos e econômicos. Dentre esses parâmetros, a fixação de dias após a semeadura, antese, emergência de plântulas, florescimento ou frutificação pode apresentar diferenças em função da cultivar e do ambiente (Carvalho e Nakagawa, 2000).

Em pinhão manso, um dos grandes problemas enfrentados na colheita é a desuniformidade de maturação dos frutos (Silip et al., 2010). Assim, é possível encontrar numa mesma planta, ou até mesmo no mesmo cacho, frutos em diferentes estádios de desenvolvimento, o que inviabiliza a colheita mecanizada e dificulta a obtenção de sementes de elevada qualidade fisiológica. Assim, a detecção de características de mais fácil observação para que se possa definir o estágio de maturação das sementes é fundamental para a determinação do momento ideal de colheita (Dias, 2001).

O momento de colheita tem sido definido para várias espécies com base no grau de umidade da semente e em aspectos morfológicos da planta e/ou do fruto (Marcos Filho, 2005). Silva et al. (2009) verificaram que para sementes de mamona, a época de colheita pode ser definida pela cor dos frutos, das sementes e pelo teor de água das sementes, principalmente se esses parâmetros forem usados conjuntamente. Segundo esses autores, na maturidade fisiológica os frutos apresentam coloração marrom. Fanan et al. (2009) recomendam para mamona a colheita única dos racemos primário, secundário e terciário, observando quando 2/3 dos frutos do racemo terciário estiverem secos. Já Zuchi et al. (2009) concluíram que a colheita das sementes dessa espécie deve ser realizada quando 70% dos frutos estiverem secos, seguida de secagem artificial à 40°C.

Na cultura da soja, Crookston e Hill (1978) procurando definir parâmetros visuais para identificar o ponto de maturidade fisiológica das sementes, observaram que a perda da cor verde da vagem é uma determinação rápida e prática do ponto de

maturidade fisiológica no campo. Segundo Gbikpi e Crookson (1981), essa característica é o indicador mais confiável da maturidade fisiológica mesmo em anos, cultivares e grupos de maturação diferentes. Contudo, o parâmetro mais utilizado para identificar a maturidade fisiológica destas sementes tem sido a ocorrência do estágio R7, quando uma vagem normal na haste principal tenha atingido a cor de vagem madura, normalmente marrom ou palha, o que depende da cultivar (Marcos Filho, 1986); sementes colhidas nesse estágio apresentam maior qualidade fisiológica, mas devido ao elevado grau de umidade das sementes essas devem ser colhidas no estágio R8, com teor de água abaixo de 23%. (Veiga et al. 2007; Terasawa, 2009).

Sementes de canola também apresentam desuniformidade de maturação em campo (Sims, 1979). Thomas et al. (1991) recomendam a colheita quando 70% das sementes apresentarem coloração preta. Elias e Copeland (2001) verificaram que sementes desta espécie atingiram a maturidade fisiológica quando a cor da vagem passou de verde a verde-amarelo ou marrom-claro, e as sementes variaram de verde amarronzada ou marrom esverdeada a castanho claro. Segundo esses autores, no ponto de colheita, as vagens eram amarelas a marrons e as sementes eram marrons ou marrom-escuras a pretas, o que dependeu da cultivar.

Em faveleira, *Cnidosculus quercifolius* (*Euphorbiaceae*), quando as sementes atingem a maturidade fisiológica, o epicarpo dos frutos fica enrolado, porém aderido ao endocarpo, o que se constitui em um eficiente e prático índice visual da época de colheita das sementes (Silva et al., 2008)

Em sementes de algodão, a época de colheita tem grande influência na qualidade das sementes. Segundo Paolinelli (1986) as sementes devem ser colhidas quando 40% a 70% dos capulhos estiverem abertos. Para Brigante (1992), o vigor das sementes é maior quinze dias após 50% das flores estarem abertas.

As informações referentes à maturação e colheita de sementes de pinhão manso são escassas e ainda não conclusivas, especialmente nas nossas condições. Em trabalho realizado na Índia, Kaushik (2003) verificou que sementes de pinhão manso provenientes de frutos verdes apresentaram menor vigor que sementes provenientes de frutos amarelos e preto-amarronzados. Segundo o autor, sementes provenientes de frutos colhidos no estágio amarelo apresentaram melhor qualidade fisiológica. Por outro lado, no Brasil, Albuquerque et al. (2008) encontraram melhor qualidade em sementes obtidas de frutos colhidos secos, observando que a maturidade fisiológica provavelmente ocorre nesse estágio de maturação. Estes resultados discordam dos obtidos por Moraes et al. (2007) e Dantas et al. (2009), que verificaram melhor

qualidade fisiológica de sementes extraídas de frutos nos estádios amarelo e amarelo-marrom.

Assim, os objetivos deste trabalho foram monitorar o processo de maturação de sementes de pinhão manso e estabelecer a época mais adequada para a colheita das sementes, com base na coloração dos frutos, para se obter sementes de elevada qualidade fisiológica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma lavoura de produção comercial de pinhão manso (*J. curcas* L.) localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. A lavoura foi implantada no ano de 2006 com a utilização do espaçamento 3,5 m entre linhas e 3,0 m entre as plantas. A área do experimento foi demarcada em um talhão homogêneo onde foram marcadas 40 plantas escolhidas ao acaso.

Nas plantas selecionadas, foram marcadas aproximadamente 5000 flores femininas no dia da antese. Após o pegamento dos frutos, esses foram protegidos com sacos plásticos perfurados para permitir a respiração, com a finalidade de protegê-los contra o ataque de percevejos.

Foram coletados frutos em diferentes estádios de maturação, caracterizados pela coloração externa do epicarpo: Marrom; Amarelo-Marrom; Amarelo; Verde-Amarelo e Verde (Figura 1).

Após a coleta, os frutos foram levados para o Laboratório de Sementes, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, onde as sementes foram extraídas manualmente e submetidas à secagem natural, em condições de laboratório, até atingirem grau de umidade compatível com o armazenamento. Em seguida, as sementes foram submetidas aos seguintes testes e determinações:

Grau de umidade

O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24h, segundo as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009). Foram utilizadas duas repetições de 25 sementes cada. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Massa da matéria seca

A massa da matéria seca foi determinada com base no grau de umidade das sementes e expresso em mg/semente.

Germinação

Foram utilizadas oito repetições de 25 sementes cada, distribuídas em rolos de papel umedecido com água na proporção de 2,7 vezes o peso do papel. Os rolos foram

mantidos em germinador a 25°C, com oito horas diárias de luz (Oliveira, 2009). O resultado consistiu na percentagem de plântulas normais obtidas aos 12 dias após a semeadura do teste.

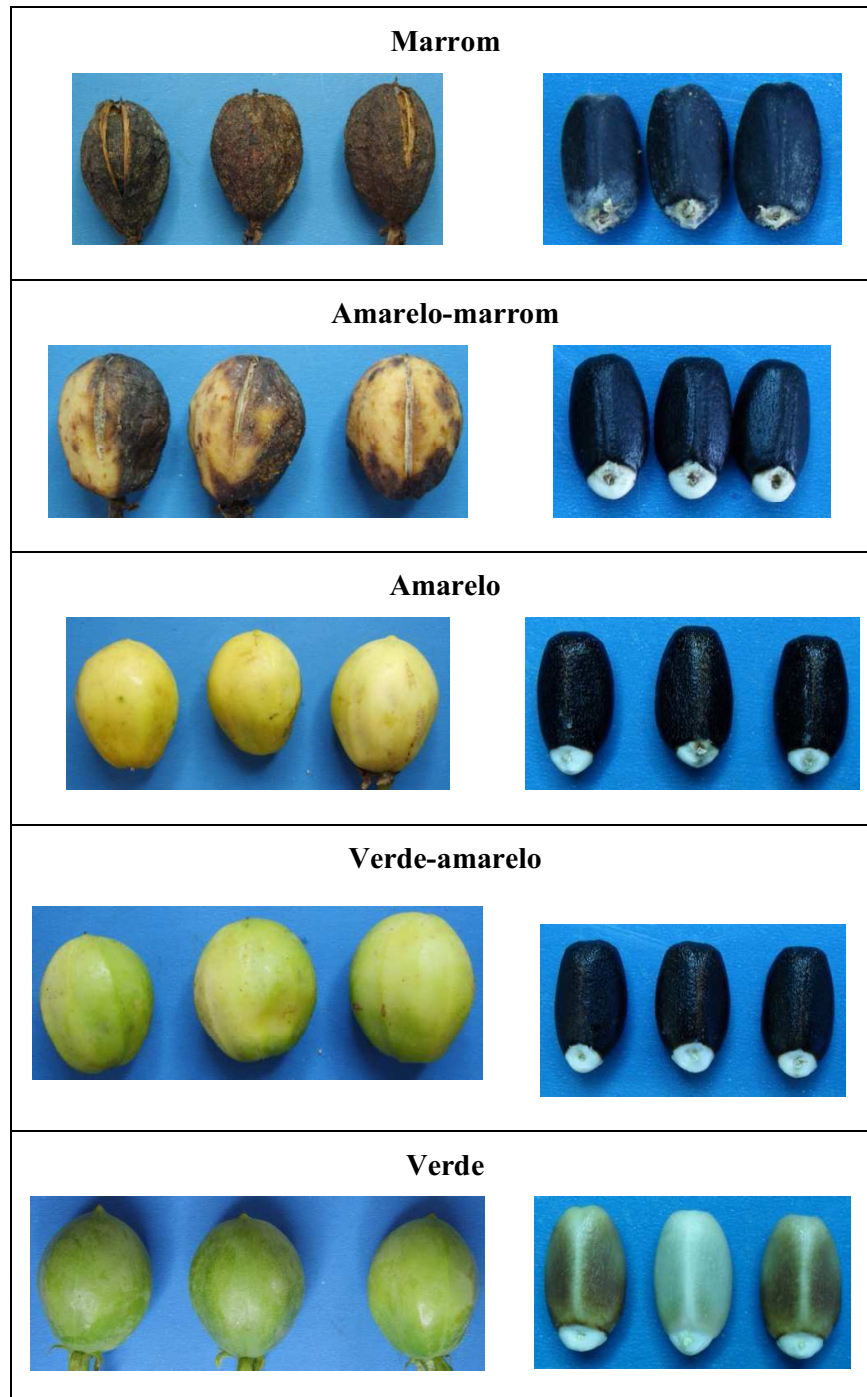


Figura 1. Aspecto visual dos frutos e das sementes de pinhão manso nos diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010.

Primeira contagem de germinação

O teste de primeira contagem da germinação foi conduzido juntamente ao teste de germinação. O resultado consistiu na percentagem de plântulas normais obtidas aos sete dias após a sementeira.

Emergência de plântulas

O teste foi conduzido em casa de vegetação utilizando-se quatro repetições de 25 sementes cada, que foram semeadas a 1 cm de profundidade em substrato terra e areia na proporção de 2:1 em bandejas de poliestireno com capacidade para 1,5 litro. O substrato foi umedecido até atingir 60% da capacidade de retenção de água, e sempre que necessário, foram efetuadas irrigações. Foram feitas avaliações diárias do número de plântulas emergidas até a estabilização da contagem. Foram consideradas emergidas, as plântulas que se apresentaram com os cotilédones acima da superfície do substrato. O resultado consistiu na percentagem de plântulas emergidas aos 16 dias após a sementeira.

Crescimento de plântulas

Foi conduzido juntamente ao teste de emergência. Aos 16 dias após a sementeira, as plântulas consideradas normais foram removidas do substrato e lavadas em água corrente. Em seguida, foi determinado, com auxílio de régua graduada, o comprimento do hipocótilo e da radícula de cada plântula. As plântulas foram então levadas para estufa de circulação de ar forçada, regulada a 70°C, até atingirem peso constante, para determinação da massa seca do hipocótilo e da radícula. As pesagens foram realizadas em balança com precisão de 0,001g. Os dados de comprimento foram expressos em mm/plântula e os de massa seca em mg/plântula.

Índice de velocidade de emergência e Velocidade de emergência

Os dados obtidos nas contagens diárias do teste de emergência de plântulas foram utilizados para o cálculo do índice de velocidade de emergência, conforme (Maguire, 1962):

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Em que:

IVE – Índice de Velocidade de Emergência;

E_1, E_2, \dots, E_n – Número de plântulas emergidas na primeira, segunda, ..., e última contagens;

N_1, N_2, \dots, N_n – Número de dias decorridos da semeadura até a primeira, segunda, ..., e última contagens.

A velocidade de emergência foi calculada de acordo com a metodologia proposta por Edmond e Drapala (1958), através da seguinte fórmula:

$$VE = \frac{(N_1 \times E_1) + (N_2 \times E_2) + \dots + (N_n \times E_n)}{E_1 + E_2 + \dots + E_n}$$

Em que:

E_1, E_2, \dots, E_n – Número de plântulas emergidas na primeira, segunda, ..., e última contagens;

N_1, N_2, \dots, N_n – Número de dias decorridos da semeadura até primeira, segunda, ..., e última contagens.

Os resultados foram expressos em dias..

Envelhecimento acelerado

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes que foram distribuídas em camada única sobre bandeja de tela metálica acoplada à caixa *gerbox*. Cada *gerbox* continha ao fundo 40 ml de água destilada. As caixas foram tampadas, para se obter 100% de UR em seu interior, e mantidas em BOD a 41°C por 72 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação conforme descrito acima. O resultado consistiu na percentagem de plântulas normais obtidas aos sete dias após a semeadura

Condutividade elétrica

Foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes que foram pesadas e colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada. O conjunto foi mantido em BOD a 25°C por 24h e, após este período, foi feita a determinação da condutividade elétrica em condutivímetro modelo Digmed DM-31, $K=1,0 \text{ cm}^{-1}$. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S/cm/g}$ de sementes.

Peso de mil sementes

Foram utilizadas oito repetições de 100 sementes que foram pesadas em balança com precisão de 0,001g. Os cálculos foram efetuados conforme as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e os resultados expressos em gramas.

Determinação do teor de óleo

A determinação do teor de óleo foi feita com as sementes íntegras e determinado pelo método da Ressonância Magnética Nuclear (Oxford Instruments). O aparelho foi calibrado previamente com óleo de pinhão manso transesterificado, sendo utilizadas três repetições de sete sementes cada.

Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos erros. Para cada parâmetro, as médias dos tratamentos (estádios de maturação dos frutos), foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram feitas com auxílio do programa estatístico SAS (Delwiche e Slaughter, 2003). Os dados de germinação e primeira contagem de germinação não apresentaram distribuição normal e assim foram transformados pela função $\arcsen\sqrt{x/100}$; contudo, foram apresentadas as médias originais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de grau de umidade das sementes, logo após serem extraídas dos frutos e após secagem natural, matéria seca das sementes e peso de mil sementes encontram-se na Tabela 1. O maior grau de umidade (76 %) foi encontrado para as sementes extraídas de frutos verdes. Houve redução significativa do grau de umidade das sementes com o decorrer da maturação dos frutos, atingindo valores de 17,7% quando os frutos atingiram o estágio marrom.

Após a secagem natural, o teor de água das sementes de todos os tratamentos foi próximo a 8% (Tabela 1).

A massa de matéria seca das sementes aumentou com o decorrer do processo de maturação (Tabela 1), sendo que sementes de frutos amarelo-marrom e marrom tiveram maior massa seca quando comparadas às obtidas de frutos verdes. Contudo, não se pode detectar o ponto em que houve estabilização do conteúdo de massa seca, o que indicaria que a translocação de assimilados da planta para a semente cessou. Esses resultados não estão de acordo com os encontrados por Kaushik (2003), que encontrou maiores valores de massa seca para sementes de pinhão manso extraídas de frutos com coloração amarela.

Ainda na Tabela 1, verifica-se que houve aumento progressivo do peso de mil sementes com o amadurecimento dos frutos, obtendo-se maior valor para as sementes extraídas de frutos marrons, seguido pelas sementes de frutos amarelo-marrom e amarelo que não diferiram significativamente entre si, observando-se menores valores para as sementes de frutos verdes. Pode-se constatar, portanto, que embora pelos resultados de massa de matéria seca não tenham ocorrido diferenças significativas entre os estádios de maturação dos frutos marrom, amarelo-marrom, amarelo e verde-amarelo, ao se determinar o peso de mil sementes foi possível verificar maior valor para sementes obtidas de frutos marrons.

Tabela 1. Grau de umidade das sementes após serem extraídas dos frutos (GUF) e após secagem natural (GUS); massa de matéria seca (MS) e peso de mil sementes (PM) de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010.

Estádio	Determinações			
	GUF (%)	GUS (%)	MS (mg/semente)	PM (g)
Marrom	17,7 c	7,57	647,6 a	678,18 a
Amarelo-marrom	48,4 b	7,58	628,8 a	635,92 b
Amarelo	48,3 b	7,83	564,3 ab	630,19 b
Verde-amarelo	52,0 b	7,92	553,4 ab	568,26 c
Verde	76,0 a	8,36	451,0 b	494,17 d
CVE (%)	5,98		6,19	3,31

* Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pela Tabela 2 verifica-se que as sementes obtidas de frutos colhidos no estádio amarelo-marrom foram as que apresentaram maior germinação, não diferindo estatisticamente daquelas dos estádios marrom e amarelo. Frutos verdes foram os que apresentaram sementes com menor germinação. Kaushik (2003) encontrou maior germinação para as sementes extraídas de frutos amarelos e marrons. Porém, esse autor não utilizou no seu trabalho sementes extraídas de frutos no estádio amarelo-marrom. Por sua vez, Morais et al. (2007) e Dantas et al. (2009) encontraram maiores valores de germinação para os estádios amarelo e amarelo-marrom.

Os resultados da primeira contagem de germinação (Tabela 2) foram semelhantes aos de germinação, com destaque para as sementes dos frutos marrom, amarelo-marrom e amarelo que não diferiram significativamente entre si. Pior desempenho foi verificado para as sementes extraídas de frutos verdes. A primeira contagem de germinação pode ser utilizada como um teste de vigor baseado na velocidade de germinação (Nakagawa, 1999). Assim, sementes com maior velocidade de germinação foram obtidas de frutos com coloração externa marrom, amarelo-marrom e amarela.

Não houve diferença significativa no vigor, pelo teste de envelhecimento acelerado, das sementes obtidas de frutos marrom, amarelo-marrom e amarelo, embora possa se destacar o valor absoluto observado para as sementes de frutos amarelo-marrons, ou seja, 91 % de germinação após o envelhecimento acelerado (Tabela 2). As sementes extraídas dos frutos nos estádios verde-amarelo e verde não diferiram entre si quanto ao vigor, sendo que as do estádio verde foram significativamente inferiores às dos estádios marrom, amarelo-marrom e amarelo. Sementes que apresentam melhor

desempenho após o envelhecimento acelerado são mais vigorosas, visto que nesse teste as sementes são submetidas à alta temperatura e umidade relativa, o que aumenta a taxa de deterioração das sementes (Marcos Filho, 1999).

Os menores valores de condutividade elétrica (Tabela 2) foram obtidos para as sementes extraídas de frutos amarelos e amarelo-marrons, indicando maior vigor. O teste de condutividade elétrica reflete a capacidade das sementes de reorganizarem suas membranas celulares quando colocadas em contato com a água (Vieira e Krzyzanowski, 1999). Segundo esses autores, menores valores indicam maior vigor e maior capacidade de organização do sistema de membranas. As sementes extraídas dos frutos verdes e marrons não diferiram estatisticamente, apresentando valores mais altos de condutividade elétrica e, conseqüentemente, menor vigor. Estes resultados provavelmente indicam que nas sementes de frutos marrons já tenha iniciado o processo de deterioração. Segundo Delouche e Baskin (1973), o evento inicial que caracteriza o processo de deterioração das sementes, que se instala a partir da maturidade fisiológica, é a degeneração das membranas celulares. Por outro lado, as sementes obtidas de frutos verdes, por estarem ainda imaturas, apresentaram alta lixiviação de solutos, uma vez que o seu sistema de membranas provavelmente ainda não se encontrava completamente organizado (Marcos Filho et al., 1982; Rossetto et al., 1994; Veiga et al., 2007).

Tabela 2. Germinação (GER); primeira contagem de germinação (PCG); envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010.

Estádios	Testes			
	GER (%)	PCG (%)	EA (%)	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$)
Marrom	85 ab	84 a	82 ab	102,02 ab
Amarelo-marrom	88 a	87 a	91 a	82,17 c
Amarelo	83 ab	78 ab	80 ab	76,30 c
Verde-amarelo	79 b	71 b	65 bc	97,00 b
Verde	74 c	51 c	51 c	113,95 a
CVE (%)	9,47	9,14	13,32	5,82

* Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não houve diferença significativa entre os estádios de maturação do fruto quanto à velocidade de emergência de plântulas (Tabela 3). Por outro lado, a percentagem e o índice de velocidade de emergência de plântulas (Tabela 3) obtidos para o estágio verde foram significativamente inferiores aos valores observados para os estádios amarelo-

marrom, amarelo e verde-amarelo. Resultados semelhantes foram observados nos testes que avaliaram parâmetros relacionados ao tamanho das plântulas, como comprimento de hipocótilo, radícula, plântula e diâmetro relacionados na Tabela 4. Assim, em geral, sementes obtidas de frutos verdes tiveram pior desempenho quando foram avaliadas características relacionadas à emergência e tamanho de plântulas.

Comparando os resultados da Tabela 3 com os dos demais testes de vigor (Tabela 2), pode-se afirmar que sementes de maior vigor são obtidas de frutos amarelos e amarelo-marrons, uma vez que pelos testes de condutividade elétrica (Tabela 2) e emergência de plântulas (Tabela 3) sementes de frutos marrons não tiveram bom desempenho, igualando-se estatisticamente às sementes de menor vigor, que foram obtidas de frutos verdes. Estes resultados podem ser um indicativo de que, provavelmente, nas sementes de frutos marrons já estivesse instalado o início do processo de deterioração.

Tabela 3. Emergência (EM); índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE) de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010.

Estádios	Testes		
	EM (%)	IVE	VE
Marrom	66 ab	2,06 bc	8,20 a
Amarelo-marrom	82 a	2,81 a	7,56 a
Amarelo	72 a	2,61 ab	7,07 a
Verde-amarelo	78 a	3,01 a	6,72 a
Verde	48 b	1,64 c	7,58 a
CVE (%)	7,08	5,78	6,79

* Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Dan et al. (1987), a maior taxa de crescimento das plântulas provenientes de sementes mais vigorosas é devido à maior capacidade de transformação e de suprimento de reservas pelo tecido de armazenamento e ainda por haver maior incorporação desses pelo eixo-embrionário. Dessa forma, sementes mais vigorosas originam plântulas mais vigorosas.

Tabela 4. Diâmetro de hipocótilo (DH); comprimento de hipocótilo (CH); comprimento de radícula (CR) e comprimento de plântula (CP) de plântulas provenientes de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010.

Estádios	Determinações			
	DH (mm/plântula)	CH (cm/plântula)	CR (cm/plântula)	CP (cm/plântula)
Marrom	3,00 ab	5,57 bc	4,35 ab	9,92 ab
Amarelo-marrom	3,90 a	7,98 a	5,63 a	13,61 a
Amarelo	3,44 a	6,88 ab	5,21 a	12,09 a
Verde-amarelo	3,48 a	7,06 ab	5,45 a	12,51 a
Verde	1,94 b	3,91 c	3,05 b	6,96 b
CVE (%)	9,44	8,55	11,15	9,03

* Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Pela Tabela 5, verifica-se que os valores absolutos referentes à massa seca do hipocótilo, radícula e plântula obtidos para o estágio verde foram inferiores aos obtidos para os demais estádios, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas devido à variabilidade dos frutos, o que pode ser constatado pelos altos coeficientes de variação experimentais. Em geral, os frutos amarelo-marrons originaram plântulas com maior massa seca.

Tabela 5. Massa seca de hipocótilo (MSH); massa seca de radícula (MSR) e massa seca de plântula (MSP) de plântulas provenientes de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010.

Estádios	Determinações		
	MSH (mg/plântula)	MSR (mg/plântula)	MSP (mg/plântula)
Marrom	145,74 ab	16,48 bc	162,22 ab
Amarelo-marrom	202,36 a	28,04 a	230,40 a
Amarelo	177,18 ab	21,48 ab	198,66 ab
Verde-amarelo	189,88 ab	19,70 abc	209,58 a
Verde	60,80 b	10,46 c	71,26 b
CVE (%)	20,84	13,17	19,69

* Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de óleo das sementes de pinhão manso foi significativamente menor para as sementes extraídas de frutos verdes quando comparadas às sementes dos demais estádios de maturação, que não diferiram entre si. Costa et al. (2009) encontraram maiores teores de óleo no albúmen de sementes de pinhão manso extraídas de frutos

amarelos, que foi maior que o encontrado em frutos marrons e não diferiu do teor encontrado em sementes extraídas de frutos amarelo-marrons.

Em síntese, verifica-se que sementes obtidas de frutos verdes tiveram, em geral, menor peso e massa seca, principalmente quando comparadas às sementes extraídas de frutos marrons e amarelo-marrons (Tabela 1). Sementes de frutos verdes também apresentaram menor germinação e vigor em relação às demais (Tabela 2). Em geral, sementes de melhor qualidade fisiológica, considerando-se a maioria dos testes utilizados (Tabelas 2, 3 e 4), foram obtidas de frutos amarelos e amarelo-marrons. Embora o peso de mil sementes máximo tenha sido obtido apenas quando os frutos estavam marrons, verifica-se que sementes de alta qualidade fisiológica já eram obtidas quando os frutos apresentavam coloração externa amarela, amarelo-marrom e marrom. Assim, numa eventual emergência quanto à disponibilidade de sementes para serem comercializadas, as sementes provenientes de frutos marrons podem ser utilizadas, pois ainda apresentam elevado potencial de germinação.

Tabela 6. Teor de óleo de sementes de pinhão manso extraídas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. UFV, Viçosa, MG, 2010.

Estádios	Teor de óleo (%)
Marrom	35,63 a
Amarelo-marrom	36,43 a
Amarelo	35,21 a
Verde-amarelo	34,49 a
Verde	25,94 b
CVE (%)	5,49

* Médias seguidas por pelo menos uma mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Sementes de pinhão manso de alta qualidade fisiológica são obtidas de frutos amarelos e amarelo-marrons.

Sementes obtidas de frutos verdes têm menor conteúdo de massa seca, de óleo e qualidade fisiológica inferior às dos demais estádios de maturação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, F.A.; LUCENA, A.M.A.; OLIVEIRA, M.I.P.; ANDRADE, J.R.; BELTRÃO, N.E.M.; ARRIEL, N.H.C. **Aspectos fisiológicos de sementes de pinhão manso oriundas de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação.** Campo Grande: Embrapa Algodão, 2008. 5p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 124).
- ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO, L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v.8, n.1, p.789-799, 2004.
- BRASIL, **Instrução normativa nº 4 de 14 de Janeiro de 2008.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 de jan. 2008. Seção 1, p. 4.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.
- BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Relatório do Grupo de Trabalho Interministerial encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade de utilização de óleo vegetal - **Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia.** Brasília, 2003.
- BRIGANTE, G.P. Efeitos de épocas de colheita e localização dos frutos na planta sobre a qualidade fisiológica das sementes do algodoeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n.2, p.135-140, 1992.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção.** 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- COSTA, P.R.; POSSE, S.C.P.; CORTI, G.S. TAMAGNONI, B.D.; DIAS, I.S. Quantificação do óleo no albúmen das sementes de pinhão manso em diferentes estádios de maturação dos frutos. In: **Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal.** 12. 2009. **Anais.** Fortateza: SBFV, 2009.

- CROOKSTON, R.K.; HILL, D.S. A Visual Indicator of the Physiological Maturity of Soybean Seed. **Crop Science**, v.18, p.867-870, 1978.
- DAN, E.P.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.9, n 3, p.45-55, 1987
- DANTAS, B. F.; SOUZA, Y. A. de; OLIVEIRA, D. A. B. de; LIRA, M. A. P.; ARAÚJO, M. N.; LOPES, A. P; SILVA, F. F. S.; REIS, R. C. R. Maturação de frutos e sementes de pinhão-manso. In: **Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão Manso**. 1. 2009. **Anais**. Brasília, DF: Embrapa Agroenergia: ABPPM, 2009.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seeds lots. **Seed Science and Technology**, v.1, n.2, p.427-452. 1973.
- DELWICHE, L.D.; SLAUGHTER, S.J. **The little SAS book: A Primer**. Cary: SAS Institute, 2003. 268p.
- DIAS, D.C.F.S. Maturação fisiológica de sementes: o processo. **SEED News**, v.5, n.6, p.22-24, 2001.
- EDMOND, J.B.; DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seeds. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, v.71, n.2, p.428-434, 1958.
- ELIAS, S.G.; COPELAND, L.O. Physiological and Harvest Maturity of Canola in Relation to Seed Quality. **Agronomy Journal**, v.93, p.1054-1058, 2001.
- ELLIS, R.H.; PIETA FILHO, C. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. **Seed Science Research**, v.2, n.1, p.9-15, 1992.
- 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.

- GBIKPI, P.J.; CROOKSON, R.K. A whole-plant indicator of soybean physiological maturity. **Crop Science**, v. 21, p.469-472, 1981.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage longevity. In. KOSLOWSKY, T.T. (Ed.) **Seed Biology**. New York: Academic Press, v.3, p.145-245, 1972.
- HELLER, J. **Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. 1. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 1996, 66p.
- KAUSHIK, N. Effect of capsule maturity on germination and seedling vigour in *Jatropha curcas*. **Seed Science and Technology**, v.31, p.449-454, 2003.
- KERMODE, A.R.; BEWLEY, J.D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination: acquisition of desiccation tolerance and germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds. **Journal of Experimental Botany**, v. 36, p. 1906-1915, 1985.
- KUMAR, A.; SHARMA, S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. **Industrial crops and products**, v.28, p.1-10, 2008.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONE, D.M.; EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, v.12, n.1, p.37-53, 1988.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-and in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 86p.

- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.(Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.3.1-3.24.
- MARCOS FILHO, J.; AMORIM, H.V.; SILVAROLLA, M.B.; PESCARIN, H.M.C. Relações entre germinação, vigor e permeabilidade das membranas celulares durante a maturação de sementes de soja. In: **Seminário Nacional de Pesquisa de Soja**, 2., Brasília, 1982. **Anais**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, 1982. p. 676-683.
- MARCOS FILHO, J.; CÍCERO, S.M.; SILVA, W.R. **Avaliação da qualidade das sementes**. Piracicaba: FEALQ, 1987. 230p.
- MORAIS, D.L.; FARIA, M.A.V.R.; FERNANDES, M.B.; QUEIROZ, E.S. Qualidade de sementes de pinhão manso com base na coloração dos frutos. In: **Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. 4. 2007. **Anais**. Varginha: UFLA, 2007. p.1171-1177 (cd-room).
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1-2.24.
- NOBRE, D.A.C.; ANDRADE, J.A.; DAVID, A.M.S.; RESENDE, J.C.F.; FARIA, M.A.V.R.; DAVID, D.A. Germinação de sementes de pinhão-manso submetidas a diferentes condições de temperaturas. In: **Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. 4. 2007. **Anais**. Varginha: UFLA, p.1119- 1126, 2007.
- OLIVEIRA, G.L. **Testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Viçosa, 2009. 60p. Dissertação (MS)- Universidade Federal de Viçosa.
- OPENSHAW, K. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, v.19, p.1-15, 2000.

- PAOLINELLI, G.P. Influência de três épocas de colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes de algodão em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Sementes**, v.8, n.2, p.77-83, 1986.
- SANTOS, D.C.; SANTOS NETO, A.L.; CARVALHO, M.L.M.; OLIVEIRA, J.A.; FRAGA, A.C. Adequação do teste de germinação para sementes de pinhão-manso. In: **Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel**. 4. 2007. **Anais**. Varginha, p.847-852, 2007.
- SILIP, J.J.; TAMBUNAN, A.H.; HAMBALI, H.; SUTRISNO, S.; SURAHMAN, M. Lifecycle Duration and Maturity Heterogeneity of *Jatropha curcas* Linn. **Journal of Sustainable Development**, v.3, n.2, p.291-295, 2010.
- SILVA, L.B.; MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; NAKAGAWA, J. Estádios de colheita e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade de sementes de mamoneira. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.50-59, 2009.
- SILVA, L.M.M.; AGUIAR, I.B.; MATOS, V.P.; VIÉGAS, R.A.; MENDONÇA, I.F.C. Physiological maturity of *Cnidoculus quercifolius* Pax & K. Hoffm. seeds. **Scientia Forestalis**, v.36, n.77, p.15-20, 2008.
- SIMS, R.E.H. Problems of harvesting oilseed rape. **Big Farm Management**, v.2, n.3, p.44-57, 1979.
- TEKRONY, D.M.; EGLY, D.B.; PHILLIPS, A.D. Effects of field weathering on the viability and on vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, v.72, n.5, p.749-743, 1980.
- TERASAWA, J.M.; PANOBIANCO, M.; POSSAMAI, E.; SOARES KOEHLER, H. Antecipação da colheita na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Bragantia**, v.68, n.3, p.765-773, 2009.
- THOMAS, D.L.; BREVE, M.A. & RAYNER, P.L. Influence of timing and method of harvest on rapeseed yield. **Journal of Production Agriculture**, v.4, n.2, p.266-272. 1991.

- TIWARI, A.K.; KUMAR, A.; RAHEMAN, H. Biodiesel production from jatropha oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids: an optimized process. **Biomass and Bioenergy**, v.31, n.8, p.569–575, 2007.
- VEIGA, A.D.; ROSA, S.D.V.F.; SILVA, P.A.; OLIVEIRA, J.A.; ALVIM, P.O.; DINIZ, K.A. Tolerância de sementes de soja à dessecação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.3, p.773-780, 2007.
- VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.
- ZUCHI, J.; PESKE, S.T.; BEVILAQUA, G.A.P.; SILVA, S.D.A. Retardamento de colheita, método de secagem e qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.3, p. 9-15, 2009.