

GLAUTER LIMA OLIVEIRA

**TESTES PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009**

GLAUTER LIMA OLIVEIRA

**TESTES PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)**

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

APROVADA: 30 de julho de 2009.

Prof^ª Dr^a Denise Cunha F. dos S. Dias
(Co-orientadora)

Prof^o Dr^o Eduardo Fontes Araújo
(Co-orientador)

Dr^o Antonio Pádua Alvarenga

Dr^o Roberto Fontes Araújo

Prof^o Dr^o Luiz Antônio dos Santos Dias
(Orientador)

A Deus,

A minha família...

em especial aos meus pais Francisco Jurandir e Vera Lúcia,

aos meus irmãos Glaucia, Gabriela e Gabriel,

e as minhas sobrinhas Stephany e Maria Vitoria.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade da realização deste aperfeiçoamento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Luiz Antônio dos Santos Dias, por ter sido mais que um orientador, e sim um amigo e, em alguns momentos, até mesmo um pai.

À professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pelos conselhos, sugestões, e amizade.

À professora Eveline Mantovani por seus ensinamentos repassados e acima de tudo pela sua amizade e descontração.

Ao laboratorista José Custódio da Silva, pela amizade e ajuda nas avaliações dos experimentos que por fim proporcionaram a confecção deste trabalho.

A todos os amigos que de certa forma contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial aos mestres Paulo Cesar Hilst e Marcos Moraes Soares e a sua família e ao Eng^o. Agrônomo Jorge Luiz Andrada Costa, pois vocês não são apenas amigos, e sim parte de uma família.

Enfim, o meu reconhecimento e a minha gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Glauter Lima Oliveira, filho de Francisco Jurandir de Oliveira e Vera Lúcia de Lima Oliveira, nasceu no dia 20 de agosto do ano de 1982 em Alto Santo, no estado do Ceará.

Cursou o Primeiro Grau no Ginásio e Escola Normal Clovis Bevilaqua na cidade de Jaguaribe no estado do Ceará, concluindo-o em 1997, ainda neste mesmo estado da federação na cidade de Iguatu no ano de 1998 iniciou o Segundo Grau Tecnológico na Escola Agrotecnica Federal de Iguatu o concluindo em 2000.

Em 2002, iniciou o curso de Agronomia pela Universidade Federal Rural do Semi-árido na cidade de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte, recebendo o título de Engenheiro Agrônomo no ano de 2007.

Em agosto de 2007, iniciou, na Universidade Federal de Viçosa, o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, com previsão de conclusão em Agosto do ano de 2009.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
Capítulo I. TESTE DE GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE PINHÃO MANSO (<i>Jatropha curcas</i> L.)	4
Chapter I. GERMINATION TEST IN SEEDS OF PINHÃO MANSO (<i>Jatropha</i> <i>curcas</i> L.)	5
1. INTRODUÇÃO	6
2. MATERIAL E MÉTODOS	9
2.1. Local do experimento	9
2.2. Sementes	9
2.3. Teste de germinação	9
2.4. Avaliações	10
Germinação	10
Primeira contagem de germinação	10
Velocidade de germinação	10
Índice de velocidade de germinação	11
Comprimento de hipocótilo	11
Comprimento da raiz primária	12
Matéria seca de plântulas	12
2.5. Procedimento estatístico	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4. CONCLUSÕES	32

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
Capítulo II. AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO (Jatropha curcas L.) PELO TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO ...	37
Chapter II. ACCELERATED AGING TEST TO EVALUATE PINHÃO MANSO (Jatropha curcas L.) SEED VIGOUR.....	38
1. INTRODUÇÃO.....	39
2. MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1. Local do experimento	43
2.2. Sementes	43
2.3. Teste de envelhecimento acelerado.....	43
2.4. Avaliações	43
Grau de umidade.....	44
Germinação.....	44
Primeira contagem de germinação	44
Germinação a baixa temperatura.....	44
Teste de frio	45
Emergência de plântulas.....	45
Velocidade de emergência de plântulas.....	45
Índice de velocidade de emergência de plântulas.....	46
Comprimento de hipocótilo	46
Comprimento da raiz primária.....	47
Matéria seca de plântulas	47
2.5. Procedimento estatístico.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4. CONCLUSÕES.....	55
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote A de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009..... 14
- Tabela 2.** Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote B de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009..... 15
- Tabela 3.** Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote C de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009..... 16
- Tabela 4.** Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote D de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009..... 17
- Tabela 5.** Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote A de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009 22
- Tabela 6.** Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote B de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009 23

Tabela 7. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote C de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009	24
Tabela 8. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote D de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009	25
Tabela 9. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote A de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009	27
Tabela 10. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote B de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009	28
Tabela 11. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote C de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009	29
Tabela 12. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote D de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009	30

Tabela 13. Valores médios obtidos para os testes de germinação (%G); primeira contagem de germinação (PC); germinação a baixa temperatura (GBT); teste de frio (TF); emergência em solo 2:1 (EM); velocidade de emergência (VE); índice de velocidade de emergência (IVE); comprimento de hipocótilo (CH) e matéria seca de plântulas (MSP), para quatro lotes de sementes de pinhão manso, UFV, Viçosa, MG, 2009	48
Tabela 14. Valores médios de germinação obtidos após a exposição a diferentes temperaturas e tempos para a condução do teste de envelhecimento acelerado, para quatro lotes de sementes de pinhão manso, UFV, Viçosa, MG, 2009	49
Tabela 15. Grau de umidade (%) para quatro lotes de sementes de pinhão manso antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado, usando-se duas temperaturas e três períodos de exposição, UFV, Viçosa, MG, 2009	51
Tabela 16. Coeficientes de correlação de Pearson entre os dados obtidos pelo teste de envelhecimento acelerado em sementes de pinhão manso e os demais testes utilizados: germinação (%G); primeira contagem de germinação (PC); germinação a baixa temperatura (GBT); teste de frio (TF); emergência em solo 2:1 (EM); velocidade de emergência (VE); índice de velocidade de emergência (IVE); comprimento de hipocótilo (CH) e matéria seca de plântulas (MSP), UFV, Viçosa, MG, 2009	54

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Caracterização de plântulas normais (estrutura básica): hipocótilo bem desenvolvido e sistema radicular tetrárquico constituído por uma raiz principal bem desenvolvida (seta vermelha) e quatro raízes basais em sua periferia (seta verde). 20
- Figura 2.** Plântulas normais: bem desenvolvidas (A-E) e menos desenvolvidas (F-P)..... 20
- Figura 3.** Plântulas anormais: **A** - atrofiamento do sistema radicular; **B** - geotropismo negativo; **C a H** - atrofiamento da raiz principal; **I e J** - conformação deficiente do sistema radicular; **L e M** - hipocótilo totalmente retorcido; **N a P** - semente em início de germinação sem caracterizar uma plântula. 21
- Figura 4.** Curvas de germinação (%) acumulada de sementes de pinhão manso nas diferentes temperaturas em substrato areia lavada e esterilizada, UFV, Viçosa, MG, 2009. 31
- Figura 5.** Curvas de germinação (%) acumulada de sementes de pinhão manso nas diferentes temperaturas em substrato papel toalha tipo germitest, UFV, Viçosa, MG, 2009. 31

RESUMO

OLIVEIRA, Glauter Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2009. **Testes para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. Orientador: Luiz Antonio dos Santos Dias. Co-orientadores: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, Eduardo Fontes Araújo.

A utilização de sementes de qualidade no atual cenário agrícola é sem dúvidas um dos principais, se não, o principal fator para obtenção do sucesso. A pesquisa teve como objetivos estabelecer metodologia adequada para a condução do teste de germinação em sementes de pinhão manso, com vistas à sua validação e inclusão nas Regras para Análise de Sementes (RAS), além de adequar a metodologia para o teste de envelhecimento acelerado. Para tanto, foram conduzidos dois experimentos no laboratório de rotina em sementes da Universidade Federal de Viçosa. Primeiramente, realizou-se o experimento de adequação da metodologia para a condução do teste de germinação. Para tanto, foram utilizadas sementes de quatro lotes de pinhão manso, tratadas com produto fungicida e submetidas à germinação em diferentes substratos (areia e papel) e temperaturas (20, 25, 30 e 20-30°C). Realizaram-se contagens diárias do número de plântulas normais obtidas para se estabelecer a época mais adequada para a realização das contagens inicial e final do teste. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcela subdivida, com quatro repetições, comparando as médias obtidas com os tratamentos pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Para o segundo experimento, também foi utilizado quatro lotes de sementes, que foram submetidos aos seguintes testes: germinação, primeira contagem de germinação, germinação a baixa temperatura, teste de frio (10°C/7 dias e a 25°C/5 dias) e percentagem e índice de emergência, além do teste de envelhecimento acelerado a 100% UR nas temperaturas de 42 e 45°C, por 48, 72 e 96 horas. Conclui-se que para a obtenção do valor máximo de germinação das sementes de pinhão manso, o teste de germinação deve ser conduzido nas temperaturas de 25 e 30°C em ambos os substratos e que a primeira e a última contagem do teste de germinação devem ser realizadas aos sete e doze dias após o início do teste, respectivamente. Em relação ao segundo experimento, se concluí que o teste de envelhecimento acelerado é eficiente para a classificação dos lotes de sementes de pinhão manso em níveis de vigor, tendo, as combinações de 42 e 45°C com 100% UR, por 48 horas, como as melhores para a condução do teste. Verificou-se também, que a temperatura de 45°C por 96 horas ocasiona a deterioração das sementes não permitindo a sua classificação em níveis de vigor.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Glauter Lima, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2009.

Methods to evaluate the physiological quality of pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) seeds. Advisor: Luiz Antonio dos Santos Dias. Co-advisors: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, Eduardo Fontes Araújo.

The use of good quality seeds in the current agricultural scenery is without a doubt an important, if not, the most important factor to obtain the success desired for any cultivated crop. Therefore, starting from this point, this research had as objectives to establish appropriate methodology to the germination test in seeds of pinhão manso, with views to its validation and inclusion in the RAS, besides trying to adjust a methodology for the accelerated aging test for the evaluation of pinhão manso seeds vigor. For so much two experiments were conducted for 18 months in the routine laboratory in seeds of the Federal University of Viçosa seeking to reach the proposed objectives. The first experiment to be accomplished was the adjustment of the methodology for the germination test, where four lots of pinhão manso seeds obtained in different harvested times, this seeds were treated with fungicidal product and submitted to the germination in different substrates (sand and paper) and temperatures (20, 25, 30 and 20-30°C). Daily counting of the number of normal seedlings obtained during the period of the experiment were made in order to establish the best time to carry out the first and final counting. The completely randomized design with four replicates in a subdivided plot design was adopted to carry out the experiment, comparing the means obtained with the treatments by the test of Tukey at level of 5% of probability. In the second experiment were also used four lots of seeds of pinhão manso obtained from parceled harvests, demonstrating high initial germination, where these lots were submitted to the following tests: germination, first germination count, germination at low temperature, cold test in paper towel (10°C/7 days and 25°C /5 days) and percentage and index of emergency, besides the accelerated aging test at 100% UR in the temperatures of 42 and 45°C for 48, 72 and 96 hours. It can be concluded with this work that both substrates used to the germination test can be adopted to conduct the test. The temperatures that best expressed the germination potential in seeds of pinhão manso were the 25 and 30°C, and best period to carry out the of the first and final germination count are at seven and 12 days after the begin of the test. The best combination found to conduct the accelerating aging test is conducting at 42°C for 48 hours, and when the seeds were

exposed to the temperature of 45°C for 96 hours it caused deterioration of the seeds, making it unviable to the classification in levels of vigor.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Desde o advento do Programa Nacional de Biodiesel, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) tem sido divulgado como uma alternativa promissora para o fornecimento de matéria-prima para compor a matriz energética nacional, em função do elevado teor de óleo encontrado em suas sementes (cerca de 38%). Esta cultura se destaca das demais para produção de biodiesel devido a diversas vantagens, como: rusticidade, baixo custo de produção, por ser uma cultura perene, fácil manejo, adequada para cultivos consorciados com culturas de aptidão alimentar e/ou agro-energéticas e, principalmente, pelo elevado teor de óleo de qualidade para produção de biodiesel encontrado em suas sementes. Tais vantagens credenciam o pinhão manso como espécie apropriada para o cultivo em pequenas propriedades com mão-de-obra familiar, gerando renda e fixando o homem no campo.

Atualmente, há grande interesse por parte de produtores no cultivo do pinhão manso. Por outro lado, as informações sobre os sistemas e técnicas de produção mais adequados são escassas. A propagação é feita principalmente por via sexuada (sementes) e, geralmente, as sementes de pinhão manso são obtidas pelos próprios produtores, sendo extraídas de plantas cultivadas ou isoladas, não existindo um sistema organizado de produção de sementes.

Em janeiro de 2008, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autorizou a inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC) da espécie *J. curcas*, sem a exigência de mantenedor, e a comercialização dessas sementes com exigência de Termo de Compromisso e Responsabilidade firmado entre o produtor de sementes e o agricultor, que será exigido até que sejam estabelecidos os padrões de identidade e de qualidade para o material de propagação (Brasil, 2008).

Faltam, contudo, informações relacionadas à tecnologia de produção de sementes, para esta espécie, especialmente sobre métodos padronizados para a avaliação da qualidade, que venham a permitir detectar, com eficiência e rapidez, as diferenças entre lotes e as possíveis causas da perda de qualidade auxiliando nas tomadas de decisão quanto aos lotes que serão comercializados.

A avaliação do potencial fisiológico é um dos componentes essenciais de um programa de controle de qualidade de sementes, fornecendo informações primordiais para a detecção e solução de problemas durante o processo produtivo e, também, sobre o desempenho destas sementes (Carpi, 2005).

A qualidade fisiológica das sementes é rotineiramente avaliada pelo teste de germinação (Torres e Marcos Filho, 2001; Carpi, 2005), cuja metodologia é padronizada e esta descrita nas Regras para Análise de Sementes (RAS), segundo Brasil (1992). Este teste é conduzido sob condições controladas e favoráveis à expressão do máximo potencial fisiológico da semente, o que permite reprodutibilidade de resultados, aspecto este relevante para a comercialização de sementes. Contudo, pode fornecer resultados superestimados em relação à emergência das plântulas em campo, onde as condições de ambiente nem sempre são adequadas. Por este motivo, foram desenvolvidos testes de vigor, que simulam o comportamento das sementes sob maior amplitude de condições ambientais, complementando as informações obtidas pelo teste de germinação. Atualmente, para algumas culturas, os testes de vigor existentes já são bastante difundidos e suas metodologias estão consolidadas, como no caso do teste de envelhecimento acelerado para sementes de soja e o teste de frio para milho.

Dentre os testes de vigor mais utilizados na atualidade, destacam-se o de envelhecimento acelerado, o de frio e o de condutividade elétrica. O teste de envelhecimento acelerado tem como princípio o fato de que a taxa de deterioração das sementes é afetada consideravelmente pela exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e na velocidade de deterioração (Carpi, 2005). Sob essas condições, sementes mais vigorosas deterioram-se mais lentamente (Marcos Filho, 1999 e Torres e Marcos Filho, 2001).

A interação entre temperatura e tempo de exposição das sementes às condições de envelhecimento, são fatores importantes para a eficiência do teste em avaliar o vigor, e para muitas espécies, ainda não foi bem estabelecido, inclusive para o pinhão manso.

Para sementes de pinhão manso, são escassos os estudos relacionados à definição de testes para avaliação da qualidade fisiológica. Sendo assim, o trabalho teve como objetivos estabelecer metodologias adequadas para avaliação dos testes de germinação e envelhecimento acelerado em sementes de pinhão manso.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.

BRASIL, **Instrução normativa nº 4 de 14 de Janeiro de 2008**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 14 de dez. 2008. Seção 1, p. 4.

CARPI, V.A.F.; Avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.). Piracicaba, 2005. 77p. Dissertação (M.S.)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo.

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. Cap.3, p.1-24.

TORRES, S. B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 108-112, 2001.

Capítulo I. TESTE DE GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE PINHÃO MANSO **(*Jatropha curcas* L.)**

RESUMO – *Jatropha curcas* L., é uma espécie que vem adquirindo grande importância como insumo para a produção de biodiesel. Em janeiro de 2008, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autorizou a inscrição no Registro Nacional de Cultivares (RNC) da espécie; contudo, ainda não foram estabelecidos padrões para produção e comercialização de suas sementes. Neste contexto, torna-se importante estabelecer métodos padronizados para a avaliação da qualidade das sementes, de modo a viabilizar o controle de qualidade dos lotes comercializados. O objetivo desse trabalho foi estabelecer metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de pinhão manso, a qual será submetida à validação visando a sua inclusão nas Regras para Análises de Sementes (RAS). Foram utilizadas sementes de pinhão manso de quatro lotes com 8,5% de umidade. As sementes de cada lote, em oito repetições de 25, foram semeadas nos seguintes substratos: papel toalha (germitest) umedecido com volume de água equivalente a 2,7 vezes o peso do papel seco, confeccionando-se rolos; areia esterilizada e umedecida até atingir 60% da sua capacidade de retenção, em recipiente de polipropileno com capacidade de cerca de 1500mL. As sementes de cada tratamento foram mantidas em germinadores a temperaturas constantes de 20, 25 e 30°C e alternada de 20-30°C (16 horas a 20°C e 8 horas a 30°C), realizando-se contagens diárias para definir a data ideal para a realização da primeira e última contagem do teste. Foram estabelecidos ainda os critérios para a classificação das plântulas em normais e anormais. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema de parcela subdividida. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Para a obtenção do potencial máximo de germinação das sementes de pinhão manso, o teste de germinação deve ser conduzido nas temperaturas de 25°C ou 30°C, utilizando-se semeadura entre areia ou em rolo de papel, com contagens aos 7 e 12 dias após a semeadura. Nessas condições, também foram obtidos os maiores valores de velocidade de germinação e comprimentos de hipocótilo e de raiz primária.

Palavras-chave: Germinação, metodologia, pinhão manso.

Chapter I. GERMINATION TEST IN SEEDS OF PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.)

SUMMARY – *Jatropha curcas* L., is specie that is gaining great importance as an input for the production of biodiesel. In January 2008, MAPA allowed the inclusion in the RNC of the species, but have not yet been established internal standards for production and marketing of its seeds. In this context, it is important to establish standardized methods for assessing the quality of seeds, so as to enable the quality control of lots traded. The main objective of this study was to establish methodology for conducting the test of germination in pinhão manso seeds, which will be submitted for validation to their inclusion in the RAS. We used seeds of four lots of pinhão manso with 8.5% moisture. The seeds of each lot, in eight replications of 25 were sown in the following substrates: paper towel (germitest) moistened with volume of water equivalent to 2.7 times the weight of dry paper, made up rolls; sterile sand and dampened by 60% of their capacity for retention in polypropylene container with a capacity of about 1500mL. The seeds from each treatment were maintained in germinated at constant temperatures of 20, 25 and 30°C and alternating from 20-30°C (16 hours at 20°C and 8 hours at 30°C), where daily counts were made to define the ideal date for the first and last counts of the test. We also established criteria for the classification of plants in normal and abnormal. The experiment was conducted in completely randomized design with treatments arranged in a split plot arrangement. Means were compared by Tukey test ($P < 0.05$). To obtain the maximum potential of germination in pinhão manso seeds, the germination test should be conducted at temperatures of 25°C or 30°C, using sand or in between paper towel rolls, with counts at 7 and 12 days after seeding. In these conditions, were also obtained higher values of speed of germination and length of hypocotyls and primary root.

Keywords: Germination, methodology, pinhão manso.

1. INTRODUÇÃO

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma oleaginosa que pertence à família Euphorbiaceae e, possivelmente, é nativa do Brasil (Arruda et al., 2004). De acordo com Carnielli (2003), esta espécie apresenta todas as características necessárias para a obtenção do biodiesel, pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo/ha, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que pode se estender por 40 anos.

A cultura é propagada principalmente por sementes obtidas a partir de plantas matrizes selecionadas por produtores, que as comercializam, sem qualquer controle de qualidade, pois, não existe ainda no Brasil um sistema organizado para a produção e comercialização destas sementes.

A produção de sementes de elevada qualidade requer a adoção de um programa de controle de qualidade. O controle de qualidade envolve ações do governo através de legislação específica, análise e certificação de sementes, abrangendo uma série de procedimentos, permitindo que todo o processo de produção das sementes seja monitorado e orientado e que técnicas de produção adequadas sejam adotadas. Esse sistema assegura que apenas sementes de origem e qualidade conhecidas sejam comercializadas e disponibilizadas aos agricultores.

Na tentativa de minimizar os problemas advindos desta comercialização e considerando a demanda por material vegetal de propagação para o estabelecimento dos cultivos de pinhão manso, recentemente, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da instrução normativa número 4, de 14 de janeiro de 2008, autorizou a inscrição da espécie *Jatropha curcas* no Registro Nacional de Cultivares (RNC) sem a exigência de mantenedor e, também, a comercialização dessas sementes com exigência de Termo de Compromisso e Responsabilidade firmado entre o produtor de sementes e o agricultor. Este termo será exigido até que sejam estabelecidos os padrões de identidade e de qualidade para o material utilizado para propagação (Brasil, 2008).

De acordo com Brasil (2007), o estado de Minas Gerais é onde a cultura do pinhão manso está mais organizada, com registros de plantios comerciais, campos de pesquisas e de produção de sementes. No entanto, ainda não foram estabelecidos padrões internos para produção e comercialização de sementes dessa espécie. Deste modo, ações que auxiliem na geração de conhecimentos, relacionados à tecnologia de produção de sementes e que dêem embasamento técnico-científico para que sejam estabelecidos padrões e critérios para a

certificação da qualidade de sementes de pinhão manso são imprescindíveis para o estabelecimento definitivo desta oleaginosa.

A comercialização de sementes é feita com base nos resultados de testes de laboratório, dentre os quais se destaca o de germinação, que deve ser conduzido em condições ideais para a espécie e que possibilitem a sua padronização, essencial para se ter reprodutibilidade de resultados (Brasil, 1992). Neste teste, a temperatura, a umidade, o substrato e a forma de semeadura adotada são fatores que exercem grande influência nos resultados, que devem expressar o potencial máximo de germinação do lote (Marcos Filho, 2005).

A temperatura ótima para a germinação tem sido definida como aquela em que se obtém o máximo de germinação no menor tempo possível, ou onde as sementes expressam seu potencial máximo de germinação e, para a maioria das espécies, situa-se entre 20 e 30°C (Carvalho & Nakagawa, 2000). Já as temperaturas máximas e mínimas são aquelas acima e abaixo das quais não ocorre germinação (Mayer & Poljakoff-Mayber, 1975; Carvalho e Nakagawa, 2000; Marcos Filho, 2005).

O substrato tem a função de suprir as sementes com a umidade necessária para a germinação e proporcionar condições adequadas ao posterior desenvolvimento das plântulas (Figliola et al., 1993), devendo manter uma proporção adequada entre a disponibilidade de água e a aeração e, assim, evitar a formação de uma película aquosa ao redor da semente, que impede a penetração de oxigênio e contribui para a proliferação de patógenos (Barbosa e Barbosa, 1985). Portanto, a umidade do substrato onde é realizada a semeadura também se constitui em fator essencial para o sucesso da germinação. Além de permanecer suficientemente úmido durante o teste, na definição do substrato ideal para a germinação, alguns aspectos são considerados, como o tamanho da semente, a exigência com relação à umidade e à luz e a facilidade que ele oferece para a instalação do teste, a realização das contagens e a avaliação das plântulas (Brasil, 1992). Os substratos recomendados pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 1992) são papel (toalha, filtro), pano, areia e solo, sendo este último, pouco utilizado devido à dificuldade de padronização. Conforme Oliveira et al. (1989), Figliolia et al. (1993), Figliolia & Piña-Rodrigues (1995) e Poulsen et al. (1998) a vermiculita pode ser utilizada como substrato para a germinação das sementes, especialmente em espécies vegetais.

O suprimento de oxigênio, por sua vez, é, em grande parte, determinado pela condição de umidade do substrato utilizado, uma vez que o excesso de água limita a disponibilidade de oxigênio (Pollock, 1974). Em geral, quanto maior a área de contato das

sementes com o substrato, maior será a velocidade de absorção de água (Carvalho & Nakagawa, 2000).

O estabelecimento de metodologia adequada para o teste de germinação deve levar em consideração também o conhecimento da morfologia da plântula da espécie em estudo, desde os estádios iniciais de desenvolvimento, pois há necessidade de se estabelecer critérios de avaliação, classificando-se as plântulas obtidas em normais ou anormais, conforme demonstrem ou não potencial para originar uma planta adulta, conforme estabelecido pelas RAS (Brasil, 1992). Neste sentido, estudos sobre a caracterização do desenvolvimento pós-seminal de pinhão manso são escassos.

As informações referentes às condições ideais para a germinação dessas sementes ainda não são conclusivas, não permitindo estabelecer a metodologia mais adequada para a condução do teste de germinação. Nobre et al. (2007), avaliando diferentes temperaturas para a germinação, constataram maior germinação a 30°C, 20-30°C e 20-35°C, sendo os valores obtidos superiores aos observados a 25°C. Por outro lado, Santos et al. (2007) recomendaram esta temperatura como a mais indicada para se avaliar a germinação dessas sementes. Neves et al. (2007), também observaram que as temperaturas de 25 e 30°C favoreciam o processo germinativo das sementes de pinhão manso, enquanto que, nas temperaturas de 20°C e 20-30°C ocorria o comprometimento do desempenho germinativo das sementes desta espécie. Já para Fogaça et al. (2007), os melhores desempenhos para germinação foram obtidos nas seguintes situações: semeadura entre areia, à temperatura alternada de 20-30°C, com 8 horas de fotoperíodo ou semeadura sobre vermiculita ou em rolo de papel, a 30°C. Dias et al. (2007) verificaram que as temperatura ideais para a germinação destas sementes foram 30 e 35°C, com semeadura em rolo de papel ou entre areia, não ocorrendo germinação em temperaturas menores que 20°C e igual ou superiores a 45°C. Já para Martins et al. (2008), ao avaliarem o efeito da temperatura em diversos substratos na germinação de sementes de pinhão manso, chegaram a conclusão de que o teste de germinação, para sementes de pinhão manso, deve ser realizado na temperatura alternada de 20-30°C em areia.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi o de estabelecer uma metodologia adequada para a condução do teste de germinação em sementes de pinhão manso, com vistas à validação e inclusão nas RAS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Rotina em Sementes no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, situada na região da Zona da Mata Mineira, no município de Viçosa, Minas Gerais.

2.2. Sementes

Foram utilizados quatro lotes de sementes de pinhão manso do ano agrícola de 2008, provenientes da NNE Agroflorestral, localizada no município de Janáuba, Minas Gerais.

Após o recebimento dos lotes, foi determinado o teor de água das sementes, utilizando-se o método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, por 24h, em duas repetições de 10g cada (Brasil, 1992). Em seguida os lotes foram tratados com o fungicida Derosal Plus[®] na proporção de 6mL/100kg de massa de sementes e embalados em sacos de papel do tipo Kraft multifoliado. Durante o período experimental os lotes permaneceram armazenados em sala refrigerada ($20\pm 2^{\circ}\text{C}$), sendo homogeneizados periodicamente.

2.3. Teste de germinação

As sementes de cada lote foram submetidas ao teste de germinação, utilizando-se oito sub-amostras de 25 sementes, adotando-se os seguintes substratos e métodos de semeadura, descritos a seguir:

Rolo de papel: As sementes foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha, tipo germitest, umedecidas com volume de água equivalente a 2,7 vezes o peso do substrato seco, conforme resultados obtidos em ensaios preliminares. Em seguida, as sementes foram cobertas com uma folha do papel, confeccionando-se desta maneira os rolos.

Entre areia: Utilizaram-se caixas de polipropileno brancas de 0,02cm de espessura com capacidade volumétrica para 1500mL de areia lavada e esterilizada que foi umedecida com água destilada até atingir 60% de sua capacidade de retenção, de acordo com Brasil (1992). Em seguida, as sementes foram dispostas de maneira alternada sobre o substrato,

sendo posteriormente cobertas com uma camada de 1,5cm de espessura de areia esterilizada. Sendo que, o reumedecimento foi realizado quando necessário para ambos os substratos.

As sementes de cada tratamento acima descrito, foram mantidas em germinadores previamente regulados nas temperaturas constantes de 20, 25 e 30°C (8 horas com luz e 16 horas no escuro) e alternada de 20-30°C (16 horas a 20°C e 8 horas a 30°C, a cada 24 horas).

Foram realizadas contagens diárias, contabilizando o número de plântulas normais obtidas a cada dia, para o estabelecimento das curvas de germinação acumulada, de modo a definir as épocas ideais para a realização da primeira e segunda contagem.

Também foram confeccionadas ilustrações das plântulas e estabelecidos ainda os critérios para a classificação das plântulas em normais e anormais.

2.4. Avaliações

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Germinação

Avaliada mediante contagem do número de plântulas caracterizadas como normais obtidas aos 10 e 12 dias após o início do teste, sendo os seus valores expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação

Consistiu do registro do número de plântulas normais obtidas aos 5 e 7 dias após o início do teste de germinação, seus valores também foram expressos em porcentagem.

Velocidade de germinação

Determinada de acordo com a metodologia proposta por Edmond & Drapala (1958). As contagens foram realizadas diariamente e, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas normais até 10 e 12 dias após a semeadura. A velocidade de germinação foi calculada através da seguinte fórmula:

$$VG = \frac{(G_1 * N_1) + (G_2 * N_2) + \dots + (G_n * N_n)}{(G_1 + G_2 + \dots + G_n)} ; \text{onde:}$$

VG – 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 semeadura até primeira, segunda, ..., e última contagens.

Os resultados para esta variável foram expressos em dias.

Índice de velocidade de germinação

Determinada de acordo com a metodologia proposta por Maguire (1962). As contagens foram realizadas diariamente e, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas normais até 10 e 12 dias após a semeadura. O índice de velocidade de germinação foi calculado através da seguinte fórmula:

$$IVG = \left(\frac{G_1}{N_1}\right) + \left(\frac{G_2}{N_2}\right) + \dots + \left(\frac{G_n}{N_n}\right); \text{onde:}$$

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 de semeadura a partir da primeira, segunda, ..., e última contagens.

Os resultados para esta variável foram expressos em índices médios de velocidade de germinação para cada tratamento.

Comprimento de hipocótilo

Determinado com o auxílio de régua graduada em milímetros, procedendo-se a medição do hipocótilo a partir da base da plântula até o ponto de inserção dos cotilédones. Os resultados para esta variável foram expressos em cm/plântula.

Comprimento da raiz primária

Procedeu-se medição do ponto de junção hipocótilo/radícula até a extremidade da raiz primária, mediante o uso de régua graduada em milímetros. Os resultados para esta variável foram expressos em cm/plântula.

Matéria seca de plântulas

Realizou-se a pesagem das plântulas em balança semi analítica de precisão de três casas decimais (0,001g) após secagem em estufa com circulação de ar forçada, à $60 \pm 2^\circ\text{C}$, até obter-se peso constante da matéria seca, que foi obtido com em media 48 horas após o início da secagem. Os resultados para esta variável foram expressos em g/plântula.

2.5. Procedimento estatístico

O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo analisado em esquema de parcela subdividida, tendo nas parcelas as temperaturas (20, 25, 30 e 20-30°C) e os substratos (papel germitest e areia), nas subparcelas, as épocas de avaliação (5/10 e 7/12 dias) do teste de germinação. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias, das temperaturas, foram comparadas pelo teste de Tukey, e as médias dos substratos, foram comparadas pelo teste F, ambos a 5% de significância. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, não apresentando significância a 5% de significância, porém apresentando valores elevados para o W (>0.9025). Assim, optou-se pela não transformação dos dados. A análise dos dados foi realizada com o software SAS (Delwiche & Slaughter, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, encontram-se os resultados obtidos nos testes de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação e, para as variáveis comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas nos diferentes lotes para a interação substrato x temperatura. Nos lotes A, C e D (Tabelas 1, 3 e 4), em geral, verifica-se que maiores valores de germinação e primeira contagem foram obtidos nas temperaturas de 25 e 30°C em substrato areia e a 25, 30 e 20-30°C em rolo de papel, que não diferiram estatisticamente entre si. Já para o lote B (Tabela 2), foi possível verificar que, não houve diferença significativa entre os substratos papel e areia quando o teste de germinação foi conduzido a 25 e 20-30°C. Neste lote, as maiores porcentagens de germinação foram obtidas a 25 e 30°C, embora a germinação à temperatura de 30°C não tenha diferido estatisticamente da observada a 20-30°C.

Para os quatro lotes (Tabelas 1, 2, 3 e 4), menores valores de germinação foram observados na temperatura de 20°C, em ambos os substratos, o que pode ser atribuído a menor atividade metabólica das sementes sob temperaturas mais baixas (Bewley e Black, 1994; Marcos Filho, 2005). No entanto, as temperaturas de 25 e 30°C para ambos os substratos foram as que proporcionaram o máximo desenvolvimento germinativo das sementes de pinhão manso (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Santos et al. (2007) recomendam a temperatura de 25°C como ideal para a germinação de sementes de pinhão manso em areia e rolo de papel. Porém, para Pacheco et al. (2007) e Fogaça et al. (2007), observaram que nesta temperatura não foram obtidos os valores máximos de germinação para sementes desta espécie, o que também foi constatado por Dias et al. (2007), que obtiveram maiores valores de germinação a 30 e 35°C e Martins et al. (2008), que obtiveram melhores resultados para a germinação a temperatura de alternada de 20-30°C, tanto em areia com em papel. Estes autores relataram ainda que, sementes de pinhão manso não germinam em temperaturas menores ou igual a 20°C ou superiores ou igual a 45°C.

Quanto à velocidade de germinação (Tabelas 1, 2, 3 e 4), observou-se que as maiores médias foram obtidas a 20°C em todos os lotes testados, resultado este, que comprova o baixo desempenho das sementes desta espécie nesta temperatura. Para Bewley & Black (1994) e Carvalho & Nakagawa (2000), a temperatura, no teste de germinação, age sobre a velocidade de absorção de água e também sobre as reações bioquímicas que regulam o metabolismo do processo germinativo e, em conseqüência, afeta tanto a velocidade como a uniformidade de germinação e a germinação total.

Segundo Mayer & Poljakoff-Mayber (1989) e Carvalho & Nakagawa (2000), a germinação só ocorre dentro de determinados limites de temperatura, nos quais existe uma temperatura ótima, ou faixa de temperaturas, na qual o processo ocorre com a máxima eficiência, obtendo-se o máximo de germinação no menor período possível.

Tabela 1. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote A de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote A				
Substrato	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
areia	22 Bc	76 Aa	77 Aa	57 Bb
papel toalha	28 Ab	58 Ba	68 Ba	68 Aa
CV(%)	3,89			
Primeira contagem (%)				
areia	4 Ac	58 Aa	59 Aa	44 Ab
papel toalha	2 Ac	28 Bb	45 Ba	38 Ba
CV(%)	8,83			
Velocidade de Germinação (dias)				
areia	9,57 Aa	5,46 Bb	5,38 Bb	5,86 Bb
papel toalha	9,17 Aa	6,99 Ab	6,10 Ac	6,64 Abc
CV(%)	6,86			
Índice de Velocidade de Germinação				
areia	1,11 Bc	7,43 Aa	7,80 Aa	611 Ab
papel toalha	3,26 Ac	4,58 Bb	5,98 Ba	5,61 Aa
CV(%)	12,92			
Comprimento de Hipocótilo (cm/plântula)				
areia	7,37 Ac	10,52 Ab	19,00 Aa	8,39 Ac
papel toalha	3,58 Bc	4,98 Bbc	6,91 Ba	5,87 Bab
CV(%)	2,38			
Matéria Seca de Plântulas (g/plântula)				
areia	0,247 Ab	0,281 Aa	0,275 Aa	0,207 Ac
papel toalha	0,173 Ba	0,162 Ba	0,176 Ba	0,164 Ba
CV(%)	1,19			

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 2. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote B de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote B				
Substrato	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
areia	24 Bc	88 Aab	91 Aa	80 Ab
papel toalha	35 Ab	83 Aa	79 Ba	85 Aa
CV(%)	2,7			
Primeira contagem (%)				
areia	2 Ac	64 Ab	75 Aa	59 Ab
papel toalha	2 Ab	55 Ba	53 Ba	54 Aa
CV(%)	5,97			
Velocidade de Germinação (dias)				
areia	9,76 Ba	5,77 Bb	5,01 Bc	5,67 Bbc
papel toalha	9,58 Aa	5,87 Ab	5,94 Ab	6,07 Ab
CV(%)	3,40			
Índice de Velocidade de Germinação				
areia	2,64 Ac	8,66 Aab	9,96 Aa	7,87 Ab
papel toalha	2,63 Ab	7,18 Ba	7,03 Ba	7,35 Aa
CV(%)	12,00			
Comprimento de Hipocótilo (cm/plântula)				
areia	6,96 Ac	10,23 Ab	17,31 Aa	7,75 Ac
papel toalha	3,84 Bc	4,81 Bbc	6,46 Ba	5,36 Bb
CV(%)	1,84			
Comprimento de Raiz (cm/plântula)				
areia	4,35 Ac	5,26 Ab	6,68 Aa	5,69 Ab
papel toalha	3,84 Bb	3,90 Bb	4,51 Ba	4,18 Ba
CV(%)	2,13			
Matéria Seca de Plântulas (g/plântula)				
areia	0,251 Ab	0,287 Aa	0,274 Aa	0,217 Ac
papel toalha	0,063 Bb	0,174 Ba	0,182 Ba	0,174 Ba
CV(%)	2,17			

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 3. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote C de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote C				
Substrato	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
areia	43 Ac	78 Aa	85 Aa	66 Bb
papel toalha	25 Bb	66 Ba	73 Ba	74 Aa
CV(%)				3,52
Primeira contagem (%)				
areia	4 Ac	57 Aa	60 Aa	47 Ab
papel toalha	2 Ad	24 Bc	54 Ba	44 Ab
CV(%)				8,11
Velocidade de Germinação (dias)				
areia	9,66 Aa	5,53 Bb	5,65 Ab	5,78 Bb
papel toalha	9,47 Aa	7,83 Ab	5,56 Ad	6,66 Ac
CV(%)				3,62
Índice de Velocidade de Germinação				
areia	1,33 Bc	7,42 Aa	8,05 Aa	6,19 Ab
papel toalha	2,23 Ac	4,74 Bb	6,91 Ba	6,36 Aa
CV(%)				8,89
Comprimento de Hipocótilo (cm/plântula)				
areia	7,81 Ac	8,94 Ab	17,32 Aa	8,49 Abc
papel toalha	4,30 Bb	4,61 Bb	6,60 Ba	5,10 Bb
CV(%)				1,47
Matéria Seca de Plântulas (g/plântula)				
areia	0,259 Aa	0,271 Aa	0,278 Aa	0,218 Ab
papel toalha	0,051 Bc	0,170 Bab	0,188 Ba	0,160 Bb
CV(%)				1,87

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 4. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e de raiz e matéria seca de plântulas obtidas para o lote D de sementes de pinhão manso nos substratos e temperaturas testados. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote D				
Substrato	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
areia	32 Ac	78 Aab	80 Aa	72 Ab
papel toalha	38 Ac	56 Bb	74 Aa	71 Aa
CV(%)				3,31
Primeira contagem (%)				
areia	6 Ac	57 Aa	60 Aa	47 Ab
papel toalha	2 Ad	27 Bc	53 Ba	43 Bb
CV(%)				5,79
Velocidade de Germinação (dias)				
areia	9,42 Aa	5,70 Bc	5,50 Bc	6,11 Bb
papel toalha	9,57 Aa	7,24 Ab	5,83 Ad	6,50 Ac
CV(%)				3,02
Índice de Velocidade de Germinação				
areia	1,70 Ac	7,39 Aa	7,82 Aa	6,50 Ab
papel toalha	1,99 Ad	4,29 Bc	6,88 Ba	6,01 Bb
CV(%)				6,30
Comprimento de Hipocótilo (cm/plântula)				
areia	7,38 Ad	9,16 Ab	17,14 Aa	8,28 Ac
papel toalha	3,39 Bc	4,59 Bb	5,93 Ba	5,10 Bb
CV(%)				1,21
Comprimento de Raiz (cm/plântula)				
areia	5,15 Ac	6,22 Ab	7,89 Aa	5,25 Ac
papel toalha	3,20 Bd	3,85 Bc	5,40 Ba	4,80 Bb
CV(%)				3,34
Matéria Seca de Plântulas (g)				
areia	0,243 Abc	0,265 Aab	0,274 Aa	0,219 Ac
papel toalha	0,062 Bc	0,177 Bb	0,213 Ba	0,185 Bb
CV(%)				1,5

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Já para o índice de velocidade de germinação (Tabelas 1, 2, 3 e 4), verificou-se comportamento semelhante ao observado no teste de germinação para as sementes de ambos os lotes, ou seja, comparando-se os substratos, houve maior índice de velocidade de germinação em areia nas temperaturas de 25 e 30°C em relação ao substrato papel, neste substrato, apenas na temperatura de 20°C, é que o índice de velocidade de germinação foi

maior que em areia. Provavelmente, o efeito da temperatura mais baixa (20 °C) sobre as sementes envoltas no rolo de papel tenha sido menos acentuado do que em areia, onde ao emergir a plântula fica exposta diretamente ao ambiente sem o efeito protetivo do rolo de papel.

Segundo Martins et al. (2008), o substrato influencia diretamente na germinação e, conseqüentemente na velocidade de germinação, em função de sua estrutura, aeração, capacidade de retenção de água, grau de infestação de patógenos, entre outros, podendo favorecer ou prejudicar a velocidade e a porcentagem de germinação das sementes. O substrato constitui o suporte físico no qual a semente é colocada e tem a função de manter as condições adequadas para a germinação e o desenvolvimento das plântulas (Figliolia et al., 1993).

Para a característica comprimento de hipocótilo (Tabelas 1, 2, 3 e 4), em todos os lotes, observou-se que os maiores valores foram obtidos no substrato areia, em relação ao substrato papel, em todas as temperaturas testadas (20, 25, 30 e 20-30°C), o que pode ser atribuído à barreira física exercida pelo rolo de papel ao crescimento das plântulas, o que não ocorre em areia, onde o crescimento é livre a partir do rompimento da camada superficial deste substrato. Comparando as diferentes temperaturas, maior comprimento de hipocótilo foi observado a 30°C e menor a 20°C, tanto para a areia como para o substrato papel, exceto nos lotes A e B para o substrato papel, que não diferiram significativamente da temperatura de 20-30°C. A massa de matéria seca de plântulas (Tabelas 1, 2, 3 e 4), demonstrou resultados semelhantes aos observados pelo comprimento de hipocótilo em todos os lotes. Observou-se ainda, que para ambos os substratos, os maiores valores para matéria seca de plântulas foram obtidos nas temperaturas de 25 e 30°C, exceto no lote C, em areia, e nos lotes A e D, em papel.

Pode-se verificar, de forma geral, para os quatro lotes testados, que as sementes expressaram sua máxima germinação nas temperaturas de 25 e 30°C em areia lavada e esterilizada, sendo este substrato mais adequado para a germinação das sementes de pinhão manso do que o rolo de papel (Tabelas 1, 2, 3 e 4), resultado semelhante também foi obtido por Martins et al. (2008) ao sugerir o substrato areia para a condução do teste de germinação para sementes desta espécie, enquanto que, para o substrato papel toalha as temperaturas de 25, 30 e 20-30°C, foram as que expressaram a máxima capacidade germinativa das sementes de pinhão manso. Deve-se ressaltar, contudo, que em alguns lotes, os menores valores de germinação obtidos em papel quando comparados com a areia, pode ser atribuído a maior ocorrência de contaminação por microrganismos

constatada quando se utilizou rolo de papel.

Este resultado pode estar associado também à maior manutenção da umidade no substrato areia, onde a necessidade de reumedecimento foi menor do que em papel; além disso, pode-se considerar ainda que em areia há maior área de contato entre as sementes e o substrato, o que pode ter favorecido a primeira fase do processo germinativo, ou seja, a embebição. Outro aspecto a ser considerado é que, após a emergência da plântula em substrato areia não há mais resistência física ao seu crescimento, o que facilita a expansão dos tecidos embrionários, favorecendo o desenvolvimento da plântula, que foi maior em areia em comparação ao substrato papel, e reduzindo a infecção por microrganismos. Deve-se considerar, contudo, as vantagens de utilização do substrato papel em relação à areia, como maior facilidade de instalação do teste, ocupação de menos espaço nos germinadores e a não necessidade de esterilização.

Observou-se também que, em areia, o desenvolvimento inicial das plântulas foi mais vigoroso, especialmente para temperatura de 30°C (Tabelas 1, 2, 3 e 4), como pode ser constatado pelos resultados obtidos com as variáveis relacionadas ao desenvolvimento de plântulas e acúmulo de biomassa, como comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca, respectivamente. É importante ressaltar que, o maior desenvolvimento das plântulas tem reflexos na definição das épocas para a realização das avaliações de primeira e última contagem do teste de germinação, pois na condição em que o desenvolvimento da plântula for maior, as contagens inicial e final do teste, poderão ser realizadas mais cedo, o que tornará o teste mais rápido. Além disso, haverá maior facilidade para se avaliar as estruturas básicas que constituem uma plântula normal e caracterizar normalidade e anormalidade de plântulas.

Portanto, a escolha do tipo de substrato deve ser feita em função das exigências da semente em relação ao seu formato e forma (Brasil, 1992). Assim, algumas espécies são mais exigentes, com desempenho germinativo superior em apenas um tipo de substrato, como a faveira-preta que deve ser semeada entre areia (Nascimento et al., 2003) e, outras, apresentam sementes mais adaptadas, que germinam bem em vários substratos, como a bacabinha e o ipê-felpudo que germinam bem tanto em areia como em vermiculita (Miranda & Ferraz, 1999; Ramos et al., 2003), o jacarandá-da-bahia, em vermiculita e rolo de papel (Andrade et al., 2006), a cataia, em areia, agar, e sobre papel (Abreu et al., 2005), a canafístula em papel, areia, xaxim e algodão (Perez et al., 2001) e a mamona em rolo de papel, rolo de pano e entre areia (Brasil, 1992).

Na Figura 1 estão ilustradas as plântulas caracterizadas como normais. Estas

plântulas apresentam hipocótilo bem desenvolvido e sistema radicular tetrárquico, constituído por uma raiz principal bem desenvolvida e quatro raízes basais em sua periferia. Plântulas menos desenvolvidas, como observado na Figura 2, porém apresentando todas as estruturas essenciais (raiz e parte aérea) sem danos, também foram consideradas normais, apresentando potencial para originar uma planta em campo.

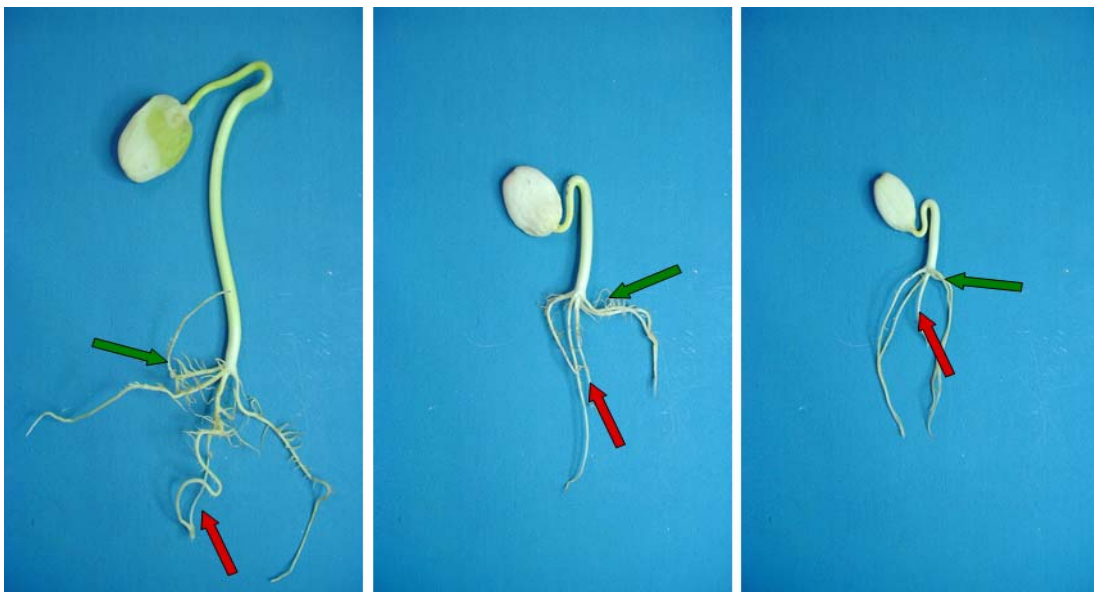


Figura 1. Caracterização de plântulas normais (estrutura básica): hipocótilo bem desenvolvido e sistema radicular tetrárquico constituído por uma raiz principal bem desenvolvida (seta vermelha) e quatro raízes basais em sua periferia (seta verde).

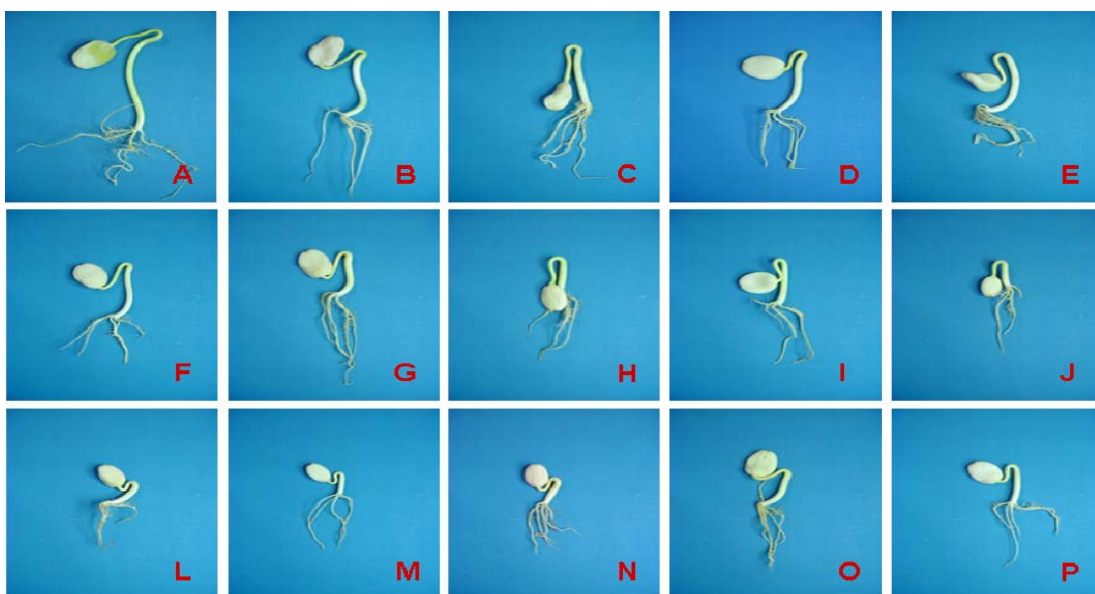


Figura 2. Plântulas normais: bem desenvolvidas (A-E) e menos desenvolvidas (F-P).

As plântulas classificadas como anormais estão ilustradas na Figura 3. Nesta categoria foram incluídas as plântulas com atrofiamento de todo o sistema radicular, geotropismo negativo, atrofiamento da raiz principal, conformação deficiente do sistema radicular, hipocótilo totalmente retorcido e sementes em início de germinação sem caracterizar uma plântula completa.

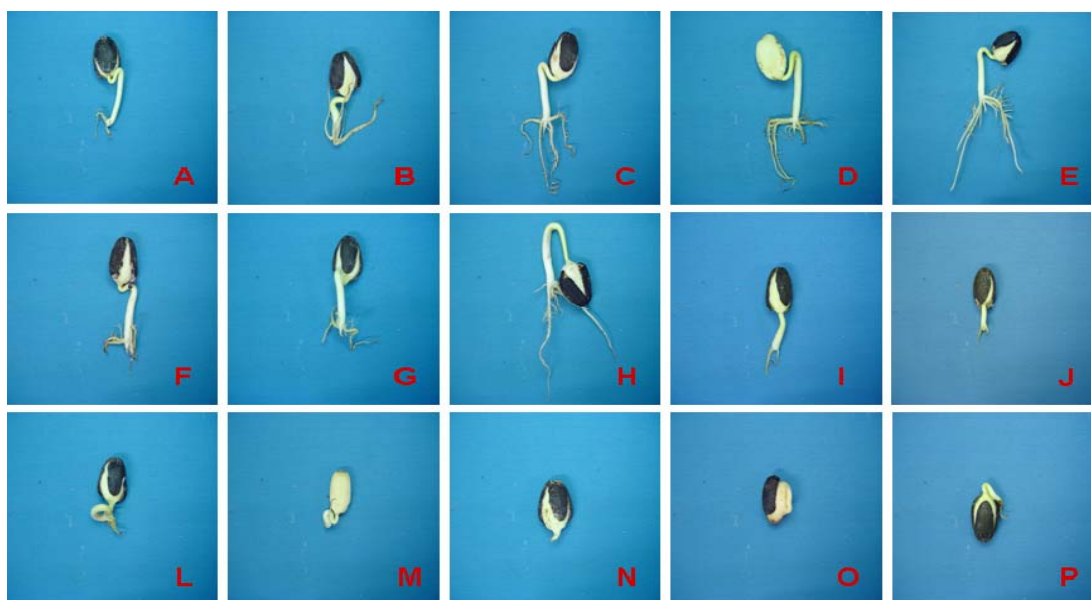


Figura 3. Plântulas anormais: **A** - atrofiamento do sistema radicular; **B** - geotropismo negativo; **C a H** - atrofiamento da raiz principal; **I e J** - conformação deficiente do sistema radicular; **L e M** - hipocótilo totalmente retorcido; **N a P** - semente em início de germinação sem caracterizar uma plântula.

A interação entre os períodos de avaliação e as temperaturas utilizadas, é observada nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 para cada lote. Com estes resultados pode-se reforçar o que já foi anteriormente comentado, de que a temperatura de 30°C favoreceu o desenvolvimento das plântulas de todos os lotes, conforme é observado pelos resultados obtidos com o comprimento de hipocótilo e da raiz principal, que demonstraram ser superiores aos resultados obtidos nas demais temperaturas em ambos os períodos de avaliação. Já, na temperatura de 20°C houve decréscimo em todas as variáveis avaliadas, exceto para matéria seca de plântulas no lote A, no substrato areia.

Tabela 5. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote A de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote A				
Péridos de Avaliação	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
5 e 10	32 Bb	61 Ba	69 Ba	58 Ba
7 e 12	48 Ab	73 Aa	76 Aa	67 Aa
CV(%)				3,89
Primeira Contagem (%)				
5 e 10	1 Ab	30 Ba	37 Ba	29 Ba
7 e 12	2 Ac	57 Ab	68 Aa	54 Ab
CV(%)				8,83
Velocidade de Germinação				
5 e 10	8,89 Ba	5,72 Bb	5,47 Bb	5,72 Bb
7 e 12	9,84 Aa	6,73 Ab	6,01 Ab	6,79 Ab
CV(%)				6,86
Índice de Velocidade de Germinação				
5 e 10	1,62 Bc	7,60 Aab	8,27 Aa	7,46 Ab
7 e 12	3,65 Ac	8,24 Aab	8,72 Aa	7,76 Ab
CV(%)				12,92
Comprimento de Hipocótilo (cm)				
5 e 10	4,57 Bc	6,47 Bb	10,77 Ba	5,93 Bb
7 e 12	6,38 Ac	9,03 Ab	15,16 Aa	8,33 Ab
CV(%)				2,38
Comprimento de Raiz (cm)				
5 e 10	2,98 Bc	3,96 Bb	5,02 Ba	4,14 Bab
7 e 12	4,31 Ac	5,53 Ab	7,01 Aa	5,73 Ab
CV(%)				3,13
Matéria Seca de Plântulas (g)				
5 e 10	0,18 Bab	0,18 Ba	0,19 Ba	0,16 Bb
7 e 12	0,25 Aa	0,26 Aa	0,26 Aa	0,22 Aa
CV(%)				1,19

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 6. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote B de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote B				
Períodos de Avaliação	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
5 e 10	30 Bb	83 Ba	84 Aa	79 Ba
7 e 12	45 Ab	88 Aa	86 Aa	86 Aa
CV(%)				2,7
Primeira Contagem (%)				
5 e 10	1 Ab	39 Ba	46 Ba	39 Ba
7 e 12	1 Ab	81 Aa	82 Aa	75 Aa
CV(%)				5,97
Velocidade de Germinação				
5 e 10	9,08 Ba	5,62 Bb	5,39 Ab	5,62 Bb
7 e 12	10,27 Aa	6,03 Ab	5,56 Ac	6,12 Ab
CV(%)				3,40
Índice de Velocidade de Germinação				
5 e 10	1,62 Bb	7,60 Aa	8,27 Aa	7,46 Aa
7 e 12	3,64 Ab	8,24 Aa	8,72 Aa	7,76 Aa
CV(%)				12,00
Comprimento de Hipocótilo (cm)				
5 e 10	4,40 Bc	6,27 Bb	9,91 Ba	5,47 Bb
7 e 12	6,42 Ad	8,77 Ab	13,86 Aa	7,64 Ac
CV(%)				1,84
Comprimento de Raiz (cm)				
5 e 10	3 Bb	3,41 Bb	4,66 Ba	4,13 Ba
7 e 12	4,19 Ac	4,76 Ac	6,53 Aa	5,74 Ab
CV(%)				2,13
Matéria Seca de Plântulas (g)				
5 e 10	0,13 Bc	0,19 Ba	0,19 Ba	0,16 Bb
7 e 12	0,18 Ac	0,27 Aa	0,26 Aa	0,23 Ab
CV(%)				2,17

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 7. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote C de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote C				
Péridos de Avaliação	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
5 e 10	26 Bc	65 Bb	78 Ba	66 Bb
7 e 12	42 Ab	79 Aa	80 Aa	75 Aa
CV(%)				3,52
Primeira Contagem (%)				
5 e 10	1 Ac	27 Bb	37 Ba	30 Bab
7 e 12	1 Ac	54 Ab	77 Aa	60 Ab
CV(%)				8,11
Velocidade de Germinação				
5 e 10	9,10 Ba	6,25 Bb	5,50 Ac	5,81 Bc
7 e 12	10,03 Aa	7,10 Ab	5,71 Ad	6,63 Ac
CV(%)				3,62
Índice de Velocidade de Germinação				
5 e 10	1,43 Bc	5,77 Bb	7,44 Aa	6,02 Ab
7 e 12	2,14 Ac	6,39 Ab	7,53 Aa	6,52 Ab
CV(%)				8,89
Comprimento de Hipocótilo (cm)				
5 e 10	5,06 Bb	5,66 Bb	9,98 Ba	5,66 Bb
7 e 12	7,05 Ab	7,89 Ab	13,93 Aa	7,92 Ab
CV(%)				1,47
Comprimento de Raiz (cm)				
5 e 10	3,29 Bb	4,03 Bb	5,38 Ba	4,23 Bab
7 e 12	4,59 Ac	5,6 Abc	7,51 Aa	5,88 Ab
CV(%)				3,31
Matéria Seca de Plântulas (g)				
5 e 10	0,13 Bc	0,18 Ba	0,19 Ba	0,16 Bb
7 e 12	0,18 Ac	0,26 Aa	0,27 Aa	0,22 Ab
CV(%)				1,87

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 8. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote D de sementes de pinhão manso em cada temperatura testada. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote D				
Péridos de Avaliação	Temperaturas (°C)			
	20	25	30	20-30
Germinação (%)				
5 e 10	26 Bc	61 Bb	74 Ba	65 Bb
7 e 12	44 Ac	73 Ab	81 Aa	78 Aab
CV(%)				3,31
Primeira contagem (%)				
5 e 10	1 Ac	30 Bb	41 Ba	32 Bb
7 e 12	1 Ac	54 Ab	73 Aa	58 Ab
CV(%)				5,79
Velocidade de Germinação				
5 e 10	8,96 Ba	5,99 Bb	5,39 Bc	5,83 Bbc
7 e 12	10,02 Aa	6,96 Ab	5,94 Ac	6,78 Ab
CV(%)				3,02
Índice de Velocidade de Germinação				
5 e 10	1,47 Bc	5,61 Bb	7,19 Aa	5,99 Bb
7 e 12	2,23 Ac	6,08 Ab	7,52 Aa	6,52 Ab
CV(%)				6,30
Comprimento de Hipocótilo (cm)				
5 e 10	4,58 Bc	5,73 Bb	9,62 Ba	5,57 Bb
7 e 12	6,19 Ac	8,00 Ab	13,45 Aa	7,79 Ab
CV(%)				1,21
Comprimento de Raiz (cm)				
5 e 10	3,33 Bc	4,20 Bb	5,54 Ba	4,15 Bb
7 e 12	4,65 Ac	5,66 Ab	7,74 Aa	5,75 Ab
CV(%)				3,34
Matéria Seca de Plântulas (g)				
5 e 10	0,13 Bc	0,18 Bab	0,20 Ba	0,17 Bb
7 e 12	0,18 Ac	0,26 Ab	0,28 Aa	0,24 Ab
CV(%)				1,5

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tendo como referencial os períodos de avaliação, de um modo geral, as contagens realizadas aos 7 (primeira contagem) e 12 (contagem final) dias após o início do teste de germinação, para as temperaturas de 25, 30 e 20-30°C, favoreceram todos os parâmetros avaliados nos quatro lotes de sementes de pinhão manso (Tabelas 5, 6, 7 e 8), caracterizando-se como sendo o melhor período (época) para avaliação destes,

especialmente para o teste de germinação. Vanzolini e Nakagawa (1999) afirmam que temperaturas mais elevadas são capazes de reduzir o período de tempo para a condução de alguns testes. Sendo assim, estes autores indicam temperaturas entre 25 e 30°C para execução da maioria dos testes de rotina em laboratório.

Pelos resultados obtidos nos dois períodos de avaliação em cada substrato (Tabelas 9, 10, 11 e 12), verifica-se que, em geral, o substrato areia destacou-se em relação ao papel em todos os lotes de sementes. Segundo Bezerra et al. (1997), o substrato é um fator importante que influencia o processo de germinação das sementes. No substrato papel os resultados foram inferiores aos obtidos em areia, nos dois períodos de avaliação, para todos os lotes utilizados, exceto para a velocidade de germinação (VE), indicando que em areia as plântulas levaram menos tempo para emergirem.

Os dados obtidos na avaliação diária da germinação das sementes possibilitaram a confecção das curvas de germinação acumulativas para todos os tratamentos (Figuras 4 e 5).

Observou-se que a germinação apresentou distribuição temporal ao longo do experimento, assumindo um padrão germinativo caracterizado como normal ou gaussiano. Este mesmo padrão também foi observado para a germinação de outras espécies como *B. campestris* L. (Sinniah et al., 1998), *B. napus* L. (Marshall et al., 2000), *B. rapa* L. (Gong et al., 2001) e *R. sativus* L. var *oleiferus* Metzg (Nery et al., 2009).

A partir do terceiro dia de condução do teste de germinação pôde ser observado o surgimento de plântulas normais, que se estabilizaram entre o décimo e o décimo segundo dias após o início do teste, quando já não surgiram mais novas plântulas caracterizadas como normais, restando apenas sementes não germinadas (duras e mortas).

Observando ainda as curvas de germinação (Figuras 4 e 5), verifica-se que aos cinco dias após a semeadura, para a maioria dos tratamentos, os valores obtidos encontravam-se abaixo dos 50% de germinação, estando as plântulas pouco desenvolvidas; já no sétimo dia, nos tratamentos com areia a 25, 30 e 20-30°C, e em papel, a 30 e 20-30°C, no mínimo, já haviam superado o valor de 50% de germinação. Comportamento diferenciado foi verificado na temperatura de 20°C, tanto para o substrato areia como papel toalha, onde se verificou completo do processo de germinação das sementes, estando as plântulas pouco desenvolvidas, dificultando a sua classificação como normais.

Estes resultados reforçam o estabelecimento dos períodos de 7 e 12 dias como os mais adequados para a realização da primeira e última contagens do teste de germinação das sementes de pinhão manso.

Tabela 9. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote A de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote A		
Substrato	Périosdos de Avaliação	
	5 e 10	7 e 12
Germinação (%)		
areia	55 Ab	61 Ba
papel toalha	54 Ab	71 Aa
CV(%)		3,89
Velocidade de Germinação		
areia	6,23 Bb	6,90 Ba
papel toalha	6,67 Ab	7,78 Aa
CV(%)		6,86
Índice de Velocidade de Germinação		
areia	5,35 Ab	5,88 Aa
papel toalha	4,47 Bb	5,23 Ba
CV(%)		12,92
Comprimento de Hipocótilo (cm)		
areia	9,39 Ab	13,26 Aa
papel toalha	4,48 Bb	6,18 Ba
CV(%)		2,38
Comprimento de Raiz (cm)		
areia	4,36 Ab	6,19 Aa
papel toalha	3,68 Bb	5,10 Ba
CV(%)		3,13
Matéria Seca de Plântulas (g)		
areia	0,211 Ab	0,294 Aa
papel toalha	0,140 Bb	0,197 Ba
		1,19

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 10. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote B de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote B		
Substrato	Períodos de Avaliação	
	5 e 10	7 e 12
Primeira Contagem (%)		
areia	60 Aa	40 Ab
papel toalha	59 Aa	22 Bb
CV(%)	5,97	
Velocidade de Germinação		
areia	6,17 Bb	6,67 Ba
papel toalha	6,92 Aa	7,06 Aa
CV(%)	3,40	
Índice de Velocidade de Germinação		
areia	6,65 Ab	7,92 Aa
papel toalha	5,83 Ba	6,27 Ba
CV(%)	12,00	
Comprimento de Hipocótilo (cm)		
areia	8,73 Ab	12,40 Aa
papel toalha	4,28 Bb	5,95 Ba
CV(%)	1,84	
Comprimento de Raiz (cm)		
areia	6,41 Aa	4,59 Ab
papel toalha	4,20 Ba	3,01 Bb
CV(%)	2,13	
Matéria Seca de Plântulas (g)		
areia	0,216 Ab	0,298 Aa
papel toalha	0,124 Bb	0,173 Ba
CV(%)	2,17	

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 11. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote C de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote C		
Substrato	Péridos de Avaliação	
	5 e 10	7 e 12
Primeira Contagem (%)		
areia	27 Ab	54 Aa
papel toalha	20 Bb	41 Ba
CV(%)	8,11	
Velocidade de Germinação		
areia	6,38 Bb	6,93 Ba
papel toalha	6,95 Ab	7,81 Aa
CV(%)	3,62	
Índice de Velocidade de Germinação		
areia	5,77 Ab	6,17 Aa
papel toalha	5,83 Ab	6,27 Aa
CV(%)	8,89	
Comprimento de Hipocótilo (cm)		
areia	8,90 Ab	12,40 Aa
papel toalha	4,30 Bb	6,00 Ba
CV(%)	1,47	
Comprimento de Raiz (cm)		
areia	5,10 Ab	7,10 Aa
papel toalha	3,40 Bb	4,70 Ba
CV(%)	3,31	
Matéria Seca de Plântulas (g)		
areia	0,213 Ab	0,299 Aa
papel toalha	0,119 Ab	0,165 Aa
	1,87	

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 12. Valores médios de germinação, primeira contagem da germinação, velocidade e índice de velocidade de germinação, comprimento de hipocótilo e raiz e massa da matéria seca de plântulas obtidas nos dois períodos de avaliação para o lote D de sementes de pinhão manso em cada substrato testado. UFV, Viçosa, MG, 2009

lote D		
Substrato	Péridos de Avaliação	
	5 e 10	7 e 12
Germinação (%)		
areia	55 Ab	71 Aa
papel toalha	54 Ab	61 Ba
CV(%)		3.31
Primeira Contagem (%)		
areia	30 Ab	52 Aa
papel toalha	21 Bb	40 Ba
CV(%)		5.79
Velocidade de Germinação		
areia	6,36 Bb	7,01 Aa
papel toalha	6,72 Ab	7,84 Ba
CV(%)		3,02
Índice de Velocidade de Germinação		
areia	5,65 Ab	6,05 Aa
papel toalha	4,48 Bb	5,12 Ba
CV(%)		6,30
Comprimento de Hipocótilo (cm)		
areia	9,39 Ab	13,26 Aa
papel toalha	4,48 Bb	6,18 Ba
CV(%)		1,21
Comprimento de Raiz (cm)		
areia	4,36 Ab	6,19 Aa
papel toalha	3,68 Bb	5,10 Ba
CV(%)		3,34
Matéria Seca de Plântulas (g)		
areia	0,211 Ab	0,294 Aa
papel toalha	0,140 Bb	0,197 Ba
CV(%)		1,5

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

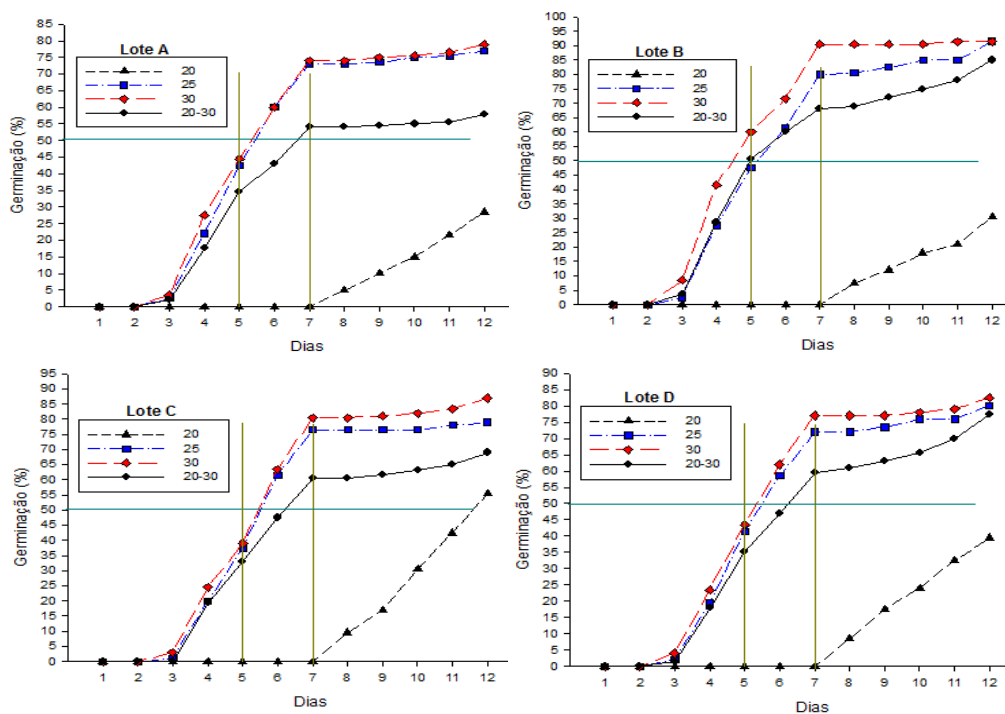


Figura 4. Curvas de germinação (%) acumulada de sementes de pinhão manso nas diferentes temperaturas em substrato areia lavada e esterilizada, UFV, Viçosa, MG, 2009.

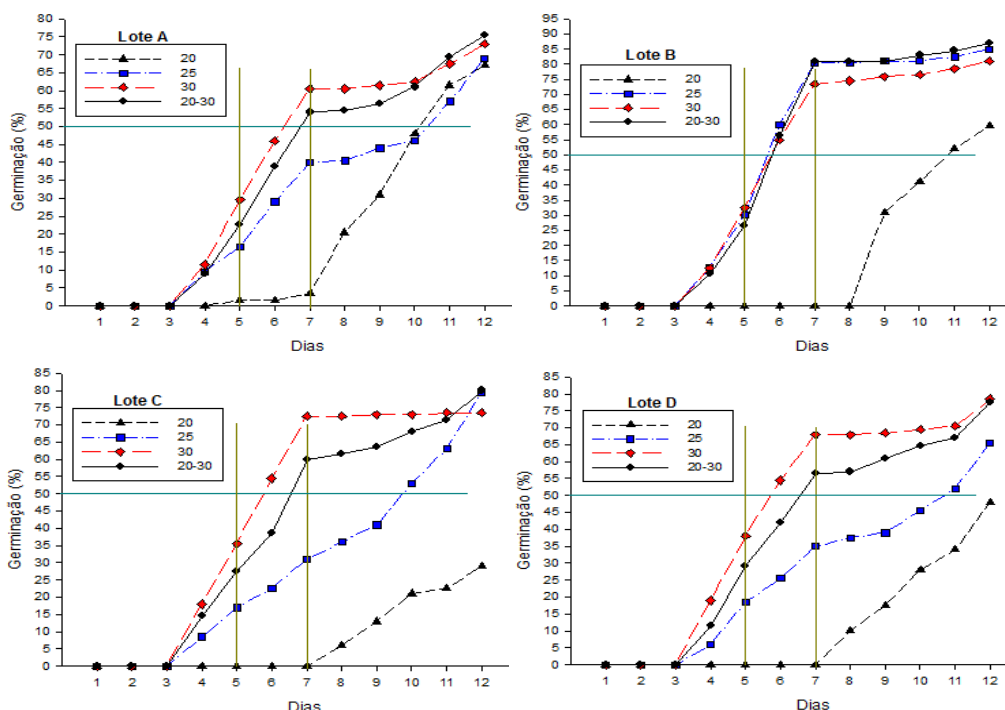


Figura 5. Curvas de germinação (%) acumulada de sementes de pinhão manso nas diferentes temperaturas em substrato papel toalha tipo germitest, UFV, Viçosa, MG, 2009.

4. CONCLUSÕES

Para a obtenção do valor máximo de germinação das sementes de pinhão manso, o teste de germinação deve ser conduzido nas temperaturas de 25°C ou 30°C, utilizando-se sementeira entre areia ou em rolo de papel.

A primeira e última contagem do teste de germinação devem ser realizada aos 7 e 12 dias após a sementeira, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, D. C. A.; NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A.C. de S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de cataia (*Drimys brasiliensis* Miers. WINTERACEAE). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, p. 149-157, 2005.
- ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S.; FERNANDES, M. J.; CRUZ, A. P. M.; CARVALHO, A. S. R. Germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth: substrato, temperatura e desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 517-523, 2006.
- ARRUDA, F. P. de; BELTRÃO, N. E. de M.; ANDRADE, A. P. de; 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**, Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, jan./abr. 2004.
- BARBOSA, J.M. & BARBOSA, L.M. Avaliação dos substratos, temperaturas de germinação e potencial de armazenamento de sementes de três frutíferas silvestres. **Ecossistema**, Piracicaba, v.10, n.1, p.152-160, 1985.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- BRASIL. **A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) no Brasil**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007.
- BRASIL, **Instrução normativa nº 4 de 14 de Janeiro de 2008**. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 14 de dez. 2008. Seção 1, p. 4.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

- CARNIELLI, F. O combustível do futuro. 2003. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/boletim/bol1413/quarta.shtml>>. Acesso em: 03 ago. 2008.
- Dias, M.P. ; DIAS, D. C. F. S. ; L.A.S. Dias. Germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em diferentes temperaturas e substratos. In: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2007, Brasília. **Anais** do II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Brasília : MCT/ABIPIT, 2007. p. 1-5.
- DELWICHE, L.D.; SLAUGHTER, S.J. **The Little SAS Book: A Primer**. Cary: SAS Institute, 2003. 268p.
- EDMOND, J.B. e DRAPALA, W.J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. Proceedings of the American Society for **Horticultural Science**. 428-434, 1958.
- FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FAGLILIA, M.B. (Coord.) **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p.137-174, 1993.
- FIGLIOLIA, M.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Considerações práticas sobre o teste de germinação. **IF Série Registros**, v.14, p.45-60, 1995.
- FOGAÇA, C.A.; SILVA, L.L; POLIDORO, J.C.; BREIER, T.B.; LELES, P.S.S. Metodologia para a condução do teste de germinação em sementes de *Jatropha curcas* L.. In: 4o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. **Anais**. Varginha, p.1351-1357, 2007.
- GONG, P.; WIKE, B. M.; STROZZI, E.; FLEISCHAMANN, S. Evaluation and refinement of a continuous seed germination and early seedling growth test for the use in the ecotoxicological assessment of soils. **Chemosphere**, v. 44, n. 3, p. 491-500, July 2001.
- 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.
- MARTINS, C.C.; MACHADO, C.G.; CAVASINI, R. Temperatura e substrato para o teste de germinação de sementes de pinhão manso, v. 32, n. 3, p. 863-868, 2008.
- MARSHALL, B.; DUNLOP, G.; RAMSAY, G.; SQUIRE, G. R. Temperature-dependent germination traits in oilseed rape associated with 5' –anchored simple sequence repeat PCR polymorphisms. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 353, p. 2075-2084, Dec. 2000.
- MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1975. 192p.
- MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. New York : The McMillan Company, 1989. 270p.
- MIRANDA, P. R. M.; FERRAZ, I. D. K. Efeito da temperatura na germinação de sementes e morfologia da plântula de *Maquira sclerophylla* (Ducke) C.C. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 303-307, 1999.
- NASCIMENTO, W.M.O. do; CARVALHO, J.E.U. de; CARVALHO, N.M. Germinação de jenipapo (*Genipa americana* L.), submetidas a diferentes temperaturas e substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n. 3, p. 471-473, 2003.
- NERY, M.C.; CARVALHO, M.L.M.; FRAGA, A.C. Adequação do teste de germinação para sementes de nabo forrageiro. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 177-187, 2009.
- NEVES, J.M.G.; SILVA, H.P.; BRANDÃO-JÚNIOR, D.S; MARTINS, E.R. Efeito da remoção do tegumento e da temperatura na germinação de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: 4º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. **Anais**. Varginha, p.1500- 1508, 2007.

- 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-mansão submetidas a diferentes condições de temperaturas. In: 4^o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. **Anais**. Varginha, p.1119- 1126, 2007.
- OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. FIGLIOLIA, M.B. Proposta para a padronização de metodologias em análise de sementes florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v.11, n.1/3, p.1-42, 1989.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; FANTI, S. C.; CASALI, C. A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 155-166, 2001.
- POLLOCK, B.M. Effects of environment after sowing on viability. In: ROBERTS, E.H. (Ed.) **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. Cap.6, p.150-171.
- POULSEN, K.M.; PARRATT, M.J.; GOSLING, P.G. (Ed.) **Tropical and sub-tropical tree and shrub seed handbook**. Zurich: International Seed Testing Association, 1998. 204p.
- 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-mansão. In: 4^o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. **Anais**. Varginha, p.847-852, 2007.
- SINNIAH, U. R.; ELLIS, R. H.; JOHN, P. Irrigation and Seed Quality Development in Rapid-cycling Brassica: Seed Germination and Longevity. **Annals of Botany**, v. 82, n. 3, p.309-314, Sept. 1998.

Capítulo II. AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) PELO TESTE DE ENVELHECIMENTO ACELERADO

RESUMO - Atualmente, há grande interesse pelo cultivo do pinhão manso para a produção de biodiesel, com registros de plantios comerciais em diversas regiões, o que tem motivado a procura por sementes. Contudo, para a comercialização segura de lotes são necessárias informações sobre a qualidade das sementes, especialmente vigor, que está relacionado ao desempenho no campo e no armazenamento. O teste de envelhecimento acelerado é um dos mais utilizados para avaliar o vigor, tendo como princípio o fato de que sementes mais vigorosas deterioram-se mais lentamente quando expostas a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar. Objetivou-se adequar a metodologia do teste de envelhecimento acelerado para a avaliação do vigor de sementes de pinhão manso. Sementes de quatro lotes de pinhão manso, com umidade inicial entre 8.5 e 9.0%, foram submetidas aos testes de germinação, de frio, primeira contagem, germinação a baixa temperatura, porcentagem e índice de velocidade de emergência de plântulas, comprimento e massa seca de plântula e envelhecimento acelerado. Para o teste de envelhecimento acelerado, as sementes foram distribuídas sobre tela acoplada em caixas gerbox contendo, ao fundo, 40mL de água, de modo a se obter 100% UR em seu interior. As caixas tampadas foram mantidas em BOD a 42 e 45°C, por 48, 72 e 96 horas. Após cada período, 8 repetições de 25 sementes foram colocadas para germinar a 25°C por 7 dias. O experimento foi conduzido em DIC e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre os resultados do teste de envelhecimento acelerado e os obtidos nos demais testes realizados. O teste de envelhecimento acelerado é eficiente para classificar os lotes de sementes de pinhão manso em níveis de vigor à semelhança dos demais testes. A melhor combinação entre tempo e temperatura para a condução do teste é 42 ou 45°C e 100% de UR, por 48 horas, fornecendo classificação de lotes semelhante à obtida no teste de emergência de plântulas em solo. Este teste a 45°C e 100%UR, por 96 horas, provocou deterioração excessiva das sementes, dificultando a identificação real do nível de vigor dos lotes

Palavras-chave: Envelhecimento acelerado, vigor, pinhão manso.

Chapter II. ACCELERATED AGING TEST TO EVALUATE PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas* L.) SEED VIGOUR

SUMMARY - Currently there is great interest in the cultivation of pinhão manso for the production of biodiesel, with records of commercial plantations in several regions, which has improved the demand for seeds. However, to secure the sale of lots are required information on seed quality, particularly vigour, which is related to performance on the field and in storage. The accelerated aging test is one of the most used to evaluate seed vigour, having as a principle the fact that seeds with higher vigour slower deteriorate when exposed to high levels of temperature and relative humidity. The main objective of this study was to adjust the methodology of the accelerated aging test to evaluate the vigour of pinhão manso seeds. Seeds of four lots of pinhão manso, with water content between 8.5 to 9.0%, were subjected to germination test, cold test, and first count of germination, germination at low temperature, percentage and index of velocity of emergence, length and dry mass of seedlings and accelerated aging. For the accelerated aging test, the seeds were distributed over screens inside gerbox boxes containing 40 mL of water in the bottom, in order to obtain 100% relative humidity condition. The boxes were kept in BOD at 42 and 45°C for 48, 72 and 96 hours. After each period, eight replicates of 25 seeds were placed to germinate at 25°C for 7 days. The experiment was conducted in DIC and the averages of the treatments compared by Tukey test ($P < 0.05$). We calculated the Pearson's correlation coefficients between the results of accelerated aging test and those obtained in other tests. The accelerated aging test is efficient to classify seed lots of pinhão manso in levels of vigour like the other tests, especially when using 42°C for 96 hours, and 45°C for 48 and 72 hours. Whereas the minimum time for conducting this test is relevant, it is recommended the use of 45°C for 48 hours.

Keywords: Accelerated aging, vigour, pinhão manso.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, há grande interesse pelo cultivo do pinhão manso para a produção de biodiesel, com registros de plantios comerciais em diversas regiões, o que tem motivado a procura por sementes. Contudo, para a comercialização segura de lotes são necessárias informações sobre a qualidade das sementes, especialmente o vigor, que está relacionado ao desempenho no campo e no armazenamento.

A qualidade dos lotes de sementes é rotineiramente avaliada pelo teste de germinação, que é conduzido sob condições favoráveis de umidade, temperatura, luz e substrato permitindo que as sementes expressem o potencial máximo de produzir plântulas normais. Entretanto, esse teste pode ser pouco eficiente para estimar o desempenho no campo, onde as condições nem sempre são favoráveis, de modo que, os resultados de emergência das plântulas em campo podem ser consideravelmente inferiores aos obtidos no teste de germinação em laboratório. Para estimar o potencial de emergência das plântulas em campo são utilizados os testes de vigor.

O vigor das sementes inclui propriedades que determinam o potencial para emergência e desenvolvimento rápido e uniforme de plântulas, sob ampla diversidade de condições ambientais (AOSA, 1983). De acordo com Popinigis (1977) e Marcos Filho (1999a), os testes de vigor têm como objetivos básicos a identificação de diferenças no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação, distinguir, com segurança, lotes de alto e baixo vigor e classificar lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira comparável à emergência de plântulas em campo.

Para Delouche e Baskin (1973), as diferenças de vigor entre lotes de sementes podem ser explicadas pelo fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração ocorrem, em geral, antes que se manifestem os declínios significativos na capacidade de germinação. Por essa razão, o uso de testes de vigor é de fundamental importância no monitoramento do potencial fisiológico das sementes, a partir da maturidade (Dias & Marcos Filho, 1995).

Segundo Marcos Filho (1999), um teste de vigor eficiente deve apresentar relação com a emergência de plântulas em campo, além disto, deve atender aos seguintes requisitos rapidez, objetividade, simplicidade, baixo custo e reprodutibilidade dos resultados.

Dentre os testes de vigor mais utilizados na atualidade para sementes de grandes

culturas, está o de envelhecimento acelerado, que é um dos mais difundidos e promissores para a avaliação do potencial fisiológico de sementes (Ferguson-Spears, 1995). Este teste é amplamente utilizado nos Estados Unidos (Hampton, 1992) e no Brasil (Krzyzanowski et al., 1991), e tornou-se um dos testes mais utilizados para avaliação da qualidade fisiológica de sementes, principalmente para espécies cultivadas.

O teste de envelhecimento acelerado foi desenvolvido para estimar a longevidade de sementes armazenadas e identificar diferenças na qualidade fisiológica de lotes comercializáveis, principalmente os que possuem poder germinativo semelhante, submetendo as sementes à elevada temperatura e umidade relativa (Ravikumar et al., 2002).

Outros usos indicados do teste de envelhecimento acelerado são as avaliações dos potenciais de emergência das plântulas no campo e de armazenamento, programas de controle de qualidade e auxílio a métodos de seleção durante o melhoramento de plantas (Krzyzanowski et al., 1999).

O teste de envelhecimento acelerado, desenvolvido por Delouche (1965), tem como princípio o fato de que a taxa de deterioração das sementes é afetada consideravelmente pela exposição a níveis elevados de temperatura e umidade relativa do ar, considerados os fatores ambientais preponderantes na intensidade e na velocidade de deterioração (AOSA, 1983; Marcos Filho, 1994; Vieira & Carvalho, 1994; Carpi, 2005). Sendo assim, verifica-se que lotes com baixo vigor apresentam maior redução na viabilidade quando submetidas a essas condições (Krzyzanowski et al., 1999; Marcos Filho, 1999a). Desta forma, sementes mais vigorosas possuem a capacidade de produzir plântulas normais, apresentando germinação mais rápida e elevada depois de serem submetidas ao teste de envelhecimento acelerado, enquanto as com baixo vigor apresentam baixa viabilidade (Garcia et al., 2004).

A interação entre temperatura e tempo de exposição das sementes às condições de envelhecimento é importante para a eficiência do teste em avaliar o vigor e, para muitas espécies, ainda não foi bem estabelecido, inclusive para o pinhão manso.

Esta interação varia de acordo com a espécie, havendo indicações de sucesso com o uso de temperaturas entre 40 e 45°C e períodos de envelhecimento de 48 a 96 horas (Marcos Filho, 1999b). Para Rocha et al. (2007), o envelhecimento acelerado a 40°C por 48 horas e 76% UR foi o procedimento mais eficiente para classificar lotes de sementes de mamona em níveis de vigor. Os autores constataram ainda que o período de 72 horas provocou a morte das sementes. Já para Mendes (2007), o teste de envelhecimento

acelerado a 41°C e 100% UR por 72 horas, foi eficiente para identificar o nível de vigor dos lotes de sementes de mamona, possibilitando a classificação dos lotes semelhante à obtida no teste de emergência de plântulas em solo. Esse autor também verificou, que o teste conduzido a 45°C e 100%UR por 48, 72 e 96 horas, provocou deterioração excessiva das sementes, dificultando identificação do real nível de vigor dos lotes.

Braga Júnior (2009), avaliou a eficiência do teste de envelhecimento acelerado para a cultura da mamona, utilizando o método tradicional (100% UR) e o método modificado com solução saturada com NaCl (75% UR) a 40°C por 24, 48 e 72 horas e, verificou que a combinação temperatura e tempo de exposição de 40°C por 72 horas, pelo método tradicional ocasionou a morte das sementes. Já ao utilizar o método de envelhecimento acelerado modificado com solução saturada de NaCl a 40°C por 24 e 48 horas, ele relatou que estas combinações seriam as mais adequadas para classificação dos lotes de sementes de mamona da cultivar BRS-Energia em níveis de vigor, pois nestas combinações foi possível estratificar os lotes em três níveis de vigor (alto, médio e baixo vigor).

Freitas et al. (2006), verificaram que o aumento do período de envelhecimento acelerado promoveu o decréscimo da viabilidade e do vigor de sementes de algodão.

Dutra e Vieira (2004) observaram que em alguns lotes de sementes de milho e soja por eles estudados, o porcentual da germinação inicial não diferia do porcentual da germinação após o envelhecimento acelerado, recomendando o uso de câmara BOD na combinação 45°C por 72 horas para sementes de milho e 42°C por 48 horas para sementes de soja.

Resultados consistentes têm sido obtidos para sementes de amendoim utilizando a temperatura de 42°C por 72 horas (Vanzolini & Nakagawa, 1998; Rossetto et al. 2004) ou de 43°C por 48 horas (Usberti, 1982; Usberti & Amaral, 1999).

Segundo Rossetto et al. (2003) e (2004), para sementes de amendoim, o teste de envelhecimento acelerado (42°C por 72 horas), com o uso de solução saturada por sais (40g de NaCl.100ml⁻¹ de água) apresenta maior eficiência na classificação dos lotes do que o teste empregado pelo sistema tradicional. Resultado este que foi comprovado mais tarde por Pereira & Rossetto (2005), onde, estes autores verificaram que o teste de envelhecimento acelerado a 42°C por 72 horas, com solução saturada de NaCl, foi mais eficiente em classificar os lotes de sementes de amendoim em níveis de vigor.

As condições para realização do teste de envelhecimento acelerado em sementes de abóbora, variedade menina brasileira, são 41°C por 48 h, por ser capaz de estratificar lotes dessa espécie em função do potencial fisiológico das sementes (Casaroli et al., 2006).

Para sementes de girassol, Queiroga (1992) verificou que o envelhecimento acelerado reduz significativamente o poder germinativo destas sementes, apresentando ainda, elevado número de plântulas com raízes atrofiadas.

Segundo Braz et al. (2008), o teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl a 42°C por 96 horas foi eficiente para classificar os lotes de sementes de girassol.

O teste de envelhecimento acelerado está relacionado ao potencial de conservação das sementes e, por esse motivo, pode ser considerado como um dos mais sensíveis para avaliação do vigor, entre os disponíveis (Marcos Filho, 1999a).

Diante do que foi exposto, objetivou-se com este trabalho adequar a metodologia do teste de envelhecimento acelerado para a avaliação do vigor de sementes de pinhão manso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Rotina em Sementes no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, situada na região da Zona da Mata Mineira, no município de Viçosa, Minas Gerais.

2.2. Sementes

Foram utilizados quatro lotes de sementes de pinhão manso do ano agrícola de 2008, provenientes da NNE Agroflorestral, localizada no município de Janáuba, Minas Gerais.

As sementes foram tratadas com fungicida (Derosal Plus na proporção de 6 mL/100kg de massa de sementes) e, em seguida, acondicionadas em sacos de papel tipo Kraft e armazenadas em câmara fria ($10 \pm 2^\circ\text{C}$ e 50% UR).

2.3. Teste de envelhecimento acelerado

Empregou-se a metodologia da AOSA (1983), descrita por Marcos Filho (1999a). Para tanto, uma camada única de sementes foi colocada sobre tela metálica acoplada em caixa plástica tipo gerbox contendo, ao fundo, 40mL de água. As caixas foram tampadas, de modo a se obter cerca de 100% UR em seu interior, e mantidas em câmaras tipo BOD, nas temperaturas de 42 e 45°C, durante 48, 72 e 96 horas.

Após esses períodos, oito subamostras de 25 sementes foram avaliadas pelo teste de germinação, calculando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas aos 7 dias após a semeadura.

2.4. Avaliações

Foram realizados os seguintes testes:

Grau de umidade

Foi determinado o grau de umidade das sementes antes e após cada período de envelhecimento acelerado. Para tanto, utilizou-se o método da estufa a $105^{\circ}\text{C}\pm 3$ durante 24 horas, utilizando-se duas amostras de aproximadamente 10g para cada lote, conforme as Regras para Análises de Sementes (Brasil, 1992), sendo os resultados expressos em percentagem na base úmida (% bu).

Germinação

Realizado com oito subamostras de 25 sementes, semeadas em rolo de papel toalha tipo germitest umedecido com quantidade de água equivalente a 2,7 vezes o peso do substrato seco, e mantidos em germinador previamente regulado a temperatura de 25°C . As avaliações foram realizadas aos 7 e 12 dias após a semeadura, sendo os seus valores expressos em porcentagem.

Primeira contagem de germinação

Consistiu do registro do número de plântulas normais obtidas no sétimo dia após o início do teste de germinação, seus valores também foram expressos em porcentagem.

Germinação a baixa temperatura

Utilizou-se a metodologia descrita por Dias & Alvarenga (1999), inicialmente, o substrato papel toalha foi umedecido conforme descrito para o teste de germinação e mantido à temperatura de 20°C durante 24 horas. Foi realizada então a semeadura, utilizando-se oito subamostras de 25 sementes, sendo confeccionados os rolos, que foram mantidos em câmara tipo BOD a 20°C . Foi realizada apenas uma contagem aos 12 dias após a semeadura, considerando-se como normais as plântulas que apresentavam comprimento do hipocótilo igual ou superior a 3,5 cm, com uma raiz principal bem desenvolvida acompanhada de no mínimo duas raízes secundárias, sendo os resultados expressos em porcentagem.

Teste de frio

Realizado utilizando-se de substrato papel toalha umedecido conforme descrito para o teste de germinação e mantido à temperatura de 10°C durante 24 horas, antes do início do teste. A sementeira foi realizada dispondo as sementes de modo alternado sobre duas folhas de papel toalha. Em seguida, espalharam-se 40mL de solo sobre as sementes, de maneira a formar uma camada uniforme. Foram confeccionados os rolos que foram acondicionados em sacos plásticos e mantidos a 10°C em incubadora do tipo BOD, por 7 dias. Após este período, os rolos foram retirados do saco plástico e transferidos para germinador previamente regulado a 25°C, onde permaneceram por mais 5 dias. Ao término deste período, foi realizada a contagem do número de plântulas normais, utilizando-se o mesmo critério adotado para o teste de germinação a baixa temperatura. Os resultados foram expressos em percentagem.

Emergência de plântulas

Conduzido em casa de vegetação, utilizando-se bandejas plásticas, com capacidade volumétrica aproximada para 9L, contendo uma mistura de solo e areia lavada e esterilizada na proporção de 2:1, respectivamente, umedecida inicialmente com 60% de sua capacidade retenção máxima, conforme sugerido por Brasil (1992). Quatro subamostras de 50 sementes foram distribuídas em sulcos longitudinais de 2cm de profundidade distanciados de 5cm entre si. Foram realizadas irrigações sempre que necessário. Realizaram-se, contagens diárias, registrando o número de plântulas emersas, apresentando os cotilédones expostos acima do nível do solo, até o décimo segundo dia após a sementeira, para obtenção da porcentagem de plântulas emergidas.

Velocidade de emergência de plântulas

Determinada de acordo com a metodologia descrita por Nakagawa (1999). As contagens foram realizadas diariamente e, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas emergidas até o décimo segundo dia após a sementeira. A velocidade de emergência foi calculada através da seguinte fórmula:

$$VE = \frac{(E_1 * N_1) + (E_2 * N_2) + \dots + (E_n * N_n)}{(E_1 + E_2 + \dots + E_n)}; \text{ onde:}$$

VE – Velocidade de emergência;

E_1, E_2, \dots, E_n – Número de plântulas emergidas contabilizadas 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 para esta variável foram expressos em dias.

Índice de velocidade de emergência de plântulas

Determinada de acordo com a metodologia descrita por Nakagawa (1999). As contagens foram realizadas diariamente e, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas emergidas até o décimo segundo dia após a semeadura. O índice de velocidade de emergência foi calculado através da seguinte fórmula:

$$IVE = \left(\frac{E_1}{N_1}\right) + \left(\frac{E_2}{N_2}\right) + \dots + \left(\frac{E_N}{N_N}\right); \text{ onde:}$$

IVE – Índice de velocidade de emergência;

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

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

Os resultados para esta variável foram expressos em índices médios de velocidade de emergência para cada tratamento.

Comprimento de hipocótilo

Determinado com o auxílio de régua graduada em milímetros, procedendo-se a medição do hipocótilo a partir da base da plântula até o ponto de inserção dos cotilédones. Os resultados para esta variável foram expressos em cm/plântula;

Comprimento da raiz primária

Procedeu-se medição do ponto de junção hipocótilo/radícula até a extremidade da raiz primária, mediante o uso de régua graduada em milímetros. Os resultados para esta variável foram expressos em cm/plântula;

Matéria seca de plântulas

Realizou-se a pesagem das plântulas em balança semi analítica de precisão de três casas decimais (0,001g) após secagem em estufa com circulação de ar forçada, à $60 \pm 2^\circ\text{C}$, até obter-se peso constante da matéria seca, que foi obtido com em média 48 horas após o início da secagem. Os resultados para esta variável foram expressos em g/plântula.

2.5. Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANAVA) em esquema fatorial 2x3 [2 temperaturas (42 e 45°C) x 3 períodos de envelhecimento (48, 72 e 96 horas)]. Os dados em percentagem foram submetidos a testes de normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias que indicaram a não necessidade de transformação. Para comparação das médias obtidas em cada testes utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de significância. Foram calculados ainda os coeficientes de correlação simples de Pearson (r) entre os resultados dos testes de envelhecimento acelerado e os demais testes realizados. A significância dos valores de **r** foi determinada pelo teste “**t**” a 1 e 5% de probabilidade. O processamento dos dados foi realizado com o software SAS (Delwiche & Slaughter, 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 13 encontram-se os resultados referentes aos testes de germinação, primeira contagem, germinação a baixa temperatura, teste de frio, emergência em solo, velocidade e índice de velocidade de emergência e comprimento de hipocótilo e de raiz principal para os quatro lotes de sementes de pinhão manso. Verifica-se nesta tabela que não houve diferença estatística para a germinação entre os lotes de sementes, tanto na primeira contagem como na germinação final. Embora a primeira contagem do teste de germinação seja considerada como sendo um indicativo do vigor, sabe-se que durante o processo de deterioração das sementes, a redução da velocidade de germinação não está entre os primeiros eventos relacionados por Delouche & Baskin (1973). Em geral, este teste não permite detectar pequenas diferenças de vigor entre os lotes. Também pelo teste de frio não foi possível detectar diferenças significativas na qualidade fisiológica dos lotes de sementes utilizados (Tabela 13).

Tabela 13. Valores médios obtidos para os testes de germinação (%G); primeira contagem de germinação (PC); germinação a baixa temperatura (GBT); teste de frio (TF); emergência em solo 2:1 (EM); velocidade de emergência (VE); índice de velocidade de emergência (IVE); comprimento de hipocótilo (CH) e matéria seca de plântulas (MSP), para quatro lotes de sementes de pinhão manso, UFV, Viçosa, MG, 2009

Lotes	Testes								
	G (%)	PC (%)	GBT (%)	TF (%)	EM (%)	VE	IVE	CH (cm)	MSP (g)
A	83 a	75 a	43 a	68 a	81 ab	12,13 ab	1,68 ab	11,04 b	0,41 b
B	91 a	84 a	46 a	73 a	94 a	11,72 b	2,02 a	12,29 a	0,45 a
C	82 a	78 a	9 b	65 a	73 b	12,33 a	1,49 b	10,69 b	0,38 c
D	90 a	84 a	48 a	68 a	88 ab	12,31 a	1,80 ab	11,86 a	0,41 b
CV (%)	6,93	5,88	21,22	6,41	8,96	1,99	9,51	3,2	3,49

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Pode-se observar também na Tabela 13, que o lote C apresenta elevado valor para o teste de germinação (acima de 80%), desempenho este não retratado nos testes de emergência em solo, índice de velocidade de emergência, comprimento de hipocótilo, matéria seca de plântula e germinação a baixa temperatura. Segundo Marcos Filho (1999a), esta é uma das razões de se avaliar o vigor antes da comercialização das sementes, pois, muitas vezes, lotes com elevada germinação em laboratório podem exibir comportamento diferente em condições de campo.

O teste de germinação a baixa temperatura permitiu identificar a inferioridade do

lote C em relação aos demais, o que foi também observado pelos resultados de percentagem e índice de velocidade de emergência das plântulas em solo, embora que, pelos testes de emergência e índice de velocidade de emergência este lote (C) não tenha diferido significativamente dos lotes A e D (Tabela 13). É importante ressaltar que a percentagem de emergência é o referencial para comparar a eficiência do teste de vigor na avaliação da qualidade fisiológica da semente.

Com relação aos tempos de envelhecimento (Tabela 14), em geral, houve redução da germinação após envelhecimento com o aumento do tempo de exposição, resultado este já esperado, pois a deterioração se torna maior com o prolongamento do tempo de exposição ao envelhecimento, sendo observado que, os decréscimos mais acentuados ocorreram à temperatura de 45°C. Já para a temperatura de 42°C, os maiores valores para germinação foram observados no tempo de 48 horas e os menores valores para os tempos de 72 e 96 horas, que geralmente, não diferiram entre si. Observa-se que a temperatura de 45°C, não houve diferenças significativas entre os tempos de 48 e 72 horas, que forneceram resultados superiores aos de 96 horas, condição esta que foi drástica para as sementes, não permitindo a classificação dos lotes em níveis de vigor.

Tabela 14. Valores médios de germinação obtidos após a exposição a diferentes temperaturas e tempos para a condução do teste de envelhecimento acelerado, para quatro lotes de sementes de pinhão manso, UFV, Viçosa, MG, 2009

Lotes	42°C			45°C		
	48h	72h	96h	48h	72h	96h
A	74 Aa	62 Aab	52 ABb	67 Aa	58 Aa	42 Ab
B	72 Aa	59 ABb	54 Ab	69 Aa	62 Aa	39 Ab
C	58 Ba	49 Bab	40 Bb	54 Ba	45 Bab	34 Ab
D	74 Aa	53 ABb	46 ABb	68 Aa	60 Aa	38 Ab
CV(%)	5,69					

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, dentro de cada temperatura, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em ambas as temperaturas e tempos de exposição utilizados, as sementes do lote C foram as que apresentaram o pior desempenho, com médias de germinação variando entre 40 a 58% na temperatura de 42°C e de 34 a 54% na temperatura de 45°C (Tabela 14).

Com a utilização do teste de envelhecimento acelerado foi possível realizar a estratificação dos lotes de sementes de pinhão manso em classes de vigor, em todas as combinações de temperatura e tempo de exposição, exceto a 45°C por 96 horas, sendo os

lotes A, B e D classificados como mais vigorosos, não diferindo estatisticamente entre si, e o lote C, classificado como menos vigoroso (Tabela 14).

Na Tabela 14, verifica-se que no tempo de 48 horas, em ambas as temperaturas (42 e 45°C), foi possível separação dos lotes de sementes de pinhão manso em níveis de vigor. Comportamento semelhante foi observado para os demais tempos, com exceção apenas da condição de 96 horas a 45°C, que foi drástica para as sementes de pinhão manso, impedindo a separação dos lotes, como já foi mencionado anteriormente. Mendes (2007), trabalhando com o teste de envelhecimento acelerado em sementes de mamona, verificou que as combinações de tempo, 48, 72 e 96 horas, e temperatura de 45°C foram drásticas para as sementes, pois estas combinações entre temperatura e tempo de exposição contribuíram para acelerar o processo de deterioração das sementes, conforme o princípio básico deste teste (Marcos Filho, 1999b).

Portanto, o envelhecimento acelerado a 45°C por 96 horas provocou a deterioração excessiva das sementes de pinhão manso de todos os lotes (Tabela 14), dificultando a identificação do real nível de vigor dos mesmos, especialmente do lote C, que foi caracterizado como o de pior vigor pelos teste de emergência de plântulas em solo e de germinação a baixa temperatura (Tabela 13).

Em sementes de mamona, Mendes (2007), verificou que o teste de envelhecimento acelerado conduzido a 41°C e 100% UR, por 72 horas, permitiu a separação dos lotes em diferentes níveis de vigor, correspondendo à classificação de lotes obtidos nos demais testes de vigor empregados. Por sua vez, Rocha et al. (2007) constataram que o teste de envelhecimento acelerado a 40°C e 100% UR, por 72 horas, provocou a morte das sementes de mamona, o que não ocorreu quando foi utilizada umidade relativa de 76%. Já Braz et al. (2008), utilizando o método tradicional e o modificado (solução salina) em sementes de girassol, verificaram uma expressiva redução da viabilidade destas sementes a partir 72 horas de exposição a temperatura de 42°C, ao utilizar o método tradicional, resultados estes que não foram observados quando se utilizou o método modificado.

Pode-se verificar ainda, pela Tabela 14, que houve diferença significativa entre as combinações de temperaturas e tempos utilizados no teste de envelhecimento acelerado, demonstrando a eficiência do teste em estratificar os lotes de sementes em níveis de vigor. Em geral, observou-se maior contaminação por fungos nos testes conduzidos a 45°C, o que pode ser constatado pelos menores valores de germinação observados. Mendes (2007) relata que, no teste de envelhecimento acelerado conduzido a 45°C com sementes de mamona, observaram-se, em todos os períodos testados, valores inferiores, em relação à

temperatura de 41°C, indicando que aquela temperatura foi mais drástica para as sementes, conforme já se esperava. A associação entre envelhecimento acelerado a 45°C e maior período de exposição (96 horas) provocou deterioração excessiva das sementes, de mamona dificultando identificar o real nível de vigor dos lotes (Mendes, 2007), o que também foi verificado neste trabalho com sementes de pinhão manso (Tabela 14). Nesta condição, houve maior ocorrência de sementes e plântulas infeccionadas.

Os teores de umidade das sementes de pinhão manso, determinados antes e após a exposição aos diferentes períodos de envelhecimento acelerado, são apresentados na Tabela 15. O grau de umidade inicial das sementes dos quatro lotes foram semelhantes, oscilando de 8,45 a 8,90. Essa pequena variação da umidade inicial entre os lotes de sementes constitui em fator de suma importância para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (Loeffler et al., 1988; Krzyzanowski et al., 1991; Marcos Filho, 1999a).

Tabela 15. Grau de umidade (%) para quatro lotes de sementes de pinhão manso antes e após a exposição ao teste de envelhecimento acelerado, usando-se duas temperaturas e três períodos de exposição, UFV, Viçosa, MG, 2009

Lotes	GUi (%)	42°C			45°C		
		48h	72h	96h	48h	72h	96h
A	8,45	18,2	18,2	19,2	16	16,35	18,3
B	8,55	14,3	17,2	17,4	15,55	16,3	17,45
C	8,9	16,25	19,15	21,95	17,65	18,1	19,3
D	8,85	15,7	16,9	18,5	15,15	16,6	17,95

De acordo com Marcos Filho (1999b), variações compreendidas no intervalo de 1 a 2 pontos percentuais no grau de umidade inicial das sementes de diferentes lotes são consideradas toleráveis para a condução do teste de envelhecimento acelerado, por outro lado, variações de 3 a 4 pontos percentuais no grau de umidade das sementes, dentro de cada tratamento, ao final do teste é um dos principais indicadores da uniformidade das condições do envelhecimento.

Quando as sementes apresentarem valores de umidade inicial muito distinto, poderá ocorrer variação acentuada na velocidade de absorção de água durante a condução do teste de envelhecimento acelerado, podendo ocasionar, como consequência, diferenças na intensidade de deterioração dos lotes.

É importante frisar que, sementes mais úmidas, em geral, são mais sensíveis às condições do teste de envelhecimento acelerado. Pois, a resposta ao envelhecimento acelerado depende, principalmente, da interação entre a temperatura, período de exposição, grau de umidade e qualidade das sementes. Estes fatores estão intimamente ligados as alterações bioquímicas e fisiológicas que ocorrem nas sementes.

Segundo Bewley & Black (1994), A umidade relativa do ar tem estreita relação com o teor de água da semente, que por sua vez, governa a ocorrência dos diferentes processos metabólicos que ela pode sofrer, enquanto que a temperatura afeta a velocidade com que os processos bioquímicos ocorrem e interferem, indiretamente, sobre o teor de água das sementes.

O grau de umidade após cada período de envelhecimento acelerado a 42 e a 45°C (Tabela 15), aumentou a medida que aumentou o tempo de exposição das sementes ao envelhecimento, resultado este já esperado. Foi observado em todas as combinações de tempo e temperatura, que os lotes de sementes de pinhão manso apresentavam, ao final do teste umidade dentro dos limites toleráveis de 3 a 4 pontos percentuais, de acordo com Marcos Filho (1999b). Estes valores indicam a uniformidade das condições na realização desse teste.

Os coeficientes de correlação linear de Pearson entre os dados de envelhecimento acelerado e os obtidos nos demais testes encontram-se relacionados na Tabela 16. Observaram-se correlações positivas altamente significativas entre os resultados de envelhecimento acelerado a 42 e 45°C com os de germinação a baixa temperatura em todos os períodos de envelhecimento, exceto para a combinação 42°C por 72 horas. É importante também ressaltar a correlação existente entre o teste de envelhecimento acelerado e o de emergência de plântulas em solo, tanto na a temperatura de 42°C e na de 45°C, nos períodos de envelhecimento de 48 e 96 horas e 48 e 72 horas, respectivamente (Tabela 16).

Assim, o teste de envelhecimento acelerado demonstrou ser eficiente para a avaliação do vigor de sementes de pinhão manso, permitindo a classificação dos lotes em níveis de vigor à semelhança dos testes de germinação a baixa temperatura e emergência de plântulas em solo (Tabela 13). Considerando que o menor tempo para a condução deste teste é um aspecto relevante para a rapidez na obtenção de resultados, recomenda-se a utilização de 42 ou 45°C por 48 horas.

Geralmente quando o teste de envelhecimento acelerado é conduzido sob temperatura mais alta, no caso 45°C, a incidência de microrganismos é maior, o que pode dificultar a avaliação ou interferir nos resultados, especialmente para lotes de menor vigor

ou que apresentem contaminação por fungos. Considerando este aspecto, a temperatura de 42°C seria a mais indicada.

No teste de envelhecimento acelerado para sementes de grandes culturas, temperaturas mais utilizadas são 41 ou 42°C por período de tempo variável conforme a espécie. No entanto, segundo Marcos Filho (1999b), alguns estudos mais recentes têm indicado o uso da temperatura de 45°C objetivando reduzir o tempo de envelhecimento. Resultados obtidos por Bittencourt & Vieira (2006), verificaram que a combinação entre elevada temperatura (45°C) e período de envelhecimento de 72 horas para sementes de milho, possibilitou a separação eficiente de lotes de sementes de qualidade superior e inferior, independentemente do genótipo utilizado.

Tabela 16. Coeficientes de correlação de Pearson entre os dados obtidos pelo teste de envelhecimento acelerado em sementes de pinhão manso e os demais testes utilizados: germinação (%G); primeira contagem de germinação (PC); germinação a baixa temperatura (GBT); teste de frio (TF); emergência em solo 2:1 (EM); velocidade de emergência (VE); índice de velocidade de emergência (IVE); comprimento de hipocótilo (CH) e matéria seca de plântulas (MSP), UFV, Viçosa, MG, 2009

Temperatura (°C)	Tempo (h)	Testes								
		G (%)	PC (%)	GBT (%)	TF (%)	EM (%)	VE	IVE	CH (cm)	MSP (g)
42	48	0,221	0,116	0,618**	0,406	0,559*	-0,357	0,560*	0,504*	0,498
	72	-0,050	-0,137	0,339	0,113	0,218	-0,137	0,223	0,074	0,193
	96	0,235	0,130	0,728**	0,528*	0,622**	-0,550	0,658**	0,498*	0,697**
45	48	0,345	0,226	0,861**	0,446	0,630**	-0,488	0,646**	0,639**	0,736**
	72	0,465	0,396	0,886**	0,478	0,694**	-0,463	0,701**	0,697**	0,755**
	96	0,155	-0,137	0,666**	0,298	0,420	-0,233	0,408	0,291	0,495*
CV(%)		6,93	5,88	21,22	6,41	8,96	1,99	9,51	3,2	3,49

** Significância a 1% de probabilidade

* Significância a 5% de probabilidade

4. CONCLUSÕES

O teste de envelhecimento acelerado é eficiente para a classificação dos lotes de sementes de pinhão manso quanto ao vigor.

A melhor combinação entre tempo e temperatura para a condução do teste é 42 ou 45°C e 100% de UR, por 48 horas, fornecendo classificação de lotes semelhante à obtida no teste de emergência de plântulas em solo.

O teste de envelhecimento acelerado a 45°C e 100%UR, por 96 horas, provocou deterioração excessiva das sementes, dificultando identificação do real nível de vigor dos lotes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSIS (AOSA), ed. **Seed vigor testing handbook**. Contribution nº32 to the Handbook on Seed Testing. 88p. 1983.
- BEWLEY, D.D. e BLACK, M. *Seeds: Physiology of development and germination*. New York : **Plenum**, 1994. 445p.
- BITTENCOURT, S.R.M. & VIEIRA, R.D. Temperatura e período de exposição de sementes de milho no teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.3, p.161-168, 2006.
- BHÉRING, M.C.; DIAS, D.C.F.S.; BARROS, D.I.; DIAS, L.A.S.; TOKUHISA, D. Avaliação do vigor de sementes de melancia (*Citrullus lunatus* Schrad.) pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p.1-6, 2003.
- BRAGA JÚNIOR, J.M. *Maturação, qualidade fisiológica e testes de vigor em sementes de mamona*. Areia, 2009. 135p. Dissertação (M.S.)-Universidade Federal da Paraíba.
- BRASIL. Ministerio da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análises de sementes**. Brasília: CLAV/DNDV/SNDA/MA, 1992. 365p.
- BRAZ, M.R.S.; BARROS, C.S.; CASTRO, F.P.; ROSSETTO, C.A.V. Testes de envelhecimento acelerado e deterioração controlada na avaliação do vigor de aquênios de girassol. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.38, n.7, p.1857-1863, 2008.
- CARPI, V.A.F.; *Avaliação do potencial fisiológico de sementes de rabanete (*Raphanus sativus* L.)*. Piracicaba, 2005. 77p. Dissertação (M.S.)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade Federal de São Paulo.
- CASAROLI, D.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L. de; MUNIZ, M.F.B.; BAHRY, C.A. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de abóbora. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v.13, n.2, p.97-107. 2006.

- DELWICHE, L.D.; SLAUGHTER, S.J. **The Little SAS Book: A Primer**. Cary: SAS Institute, 2003. 268p.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v.1, n.2, p.427-452, 1973.
- DELOUCHE, J.C. An accelerated aging technique for predicting relative storability of crimson clover and tall fescue seed lots. **Agronomy Abstracts** 1965, Réduit, Mauritius, n.40, 1965
- DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo Abrates**, v.5, n.1, p.26-36, 1995.
- DIAS, D.C.F.S.; ALVARENGA, E.M. Teste de germinação a baixa temperatura. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. Cap.7, p.1-3.
- DUTRA, A.S.; VIEIRA, R.D. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.34, n.3, p.715-721, 2004.
- FERGUSON-SPEARS, J. Introduction to seed vigour testing. In: VAN DE VENTER, H.A. (Ed.). **Seed vigour testing seminar**. Zurich: International Seed Testing Association, 1995. P. 1-10.
- FREITAS, R.A. de; NASCIMENTO, W.M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de lentilha. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.28, n.3, p.59-63, 2006.
- GARCIA, L.C.; NOGUEIRA, A.C.; ABREU, D. C.A Influência do envelhecimento acelerado no vigor de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vellozo) Brenan – Mimosaceae. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.14, n.1, p.85-90, 2004.

- HAMPTON, J.G. Vigour testing within laboratories of the International Seed Testing Association: a survey. **Seed Science & Technology**, v.20, n. 1, p.199 - 203, 1992.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.
- KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA-NETO, J.B. & HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.
- LOEFFLER, T.M.; TEKRONY, D.M. & EGLI, D.B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**. Zurich, v.12, n.1, p. 37-53, 1988.
- MARCOS FILHO, J. Utilização de testes de vigor em programas de controle de qualidade de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.4, n.2, p.33-35, 1994.
- MARCOS FILHO, J. Teste de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999a. Cap.3, p.1-24.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999b. Cap.1, p.1-21.
- MENDES, R. de C. Tratamentos pré-germinativos e avaliação do potencial fisiológico de sementes de mamona. Viçosa, 2007. 51p. Dissertação (M.S.)-Universidade Federal de Viçosa.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 1-21, 1999.

- PEREIRA, E.L. e ROSSETTO, C.A.V. Avaliação do vigor em sementes de amendoim. **Revista Agronomia**, Rio de Janeiro, v.39, n.1-2, p.09-16. 2005.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da sementes**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.
- QUEIROGA, V.P. Teste de envelhecimento precoce e condutividade elétrica em sementes de girassol (*Helianthus annuus*, L.). **Agropecuária Técnica**, Areia, v.13, n.1/2, 1992.
- RAVIKUMAR, R.; ANANTHAKRISHNAN, G.; GIRIJA, S.; GANAPATHI, A. Seed viability and biochemical changes associated with accelerated ageing in *Dendrocalamus strictus* seeds. **Biologia Plantarum**, v.45, n.1, p.153-156, 2002.
- ROCHA, M.S.; BRAGA JÚNIOR, J.M.; BRUNO, R.L.A.; VIANA, J.S.; MOURA, M.F.; BELTRÃO, N.E.M. & GUEDES, R.S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de mamona cultivar BRS Energia. In: 4º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, Varginha, 03/07 jul. 2007. **Anais**. Varginha: Universidade Federal de Lavras, 2007. P.1421-1431.
- ROSSETTO, C.A.V.; LIMA, T.M.; GUIMARÃES, E.C. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.795-801. 2004.
- ROSSETTO, C.A.V.; ARAÚJO, A.E.S.; LIMA, T.M. Avaliação da aplicação de fungicida às sementes de amendoim antes do envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, p.101-107, 2003.
- USBERTI, R. Relações entre teste de envelhecimento acelerado, potencial de armazenamento e tamanho de sementes em lotes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 31-34, 1982.
- USBERTI, R.; AMARAL, H. M. Fungicide dressing timing, seed size, seed origin and fungal incidence effects on groundnut (*Arachis hypogaea* L.) storability. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 2, p. 699-706, 1999.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em genótipos de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 178-183, 1998.

VIEIRA, R.D.D. e CARVALHO, N.M. **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.