

# Teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de mamona<sup>1</sup>

Nilce Naomi Kobori<sup>2\*</sup>, Sílvio Moure Cicero<sup>2</sup>, Priscila Fratin Medina<sup>3</sup>

RESUMO – O crescente interesse pelo uso de combustíveis renováveis nos últimos anos fez com que culturas oleaginosas, como a mamona, se tornassem importante objeto de estudo. No entanto, para a instalação de campos desta cultura, é imprescindível o uso de sementes de alta qualidade. O objetivo da pesquisa contida neste trabalho foi verificar a eficiência do teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de mamona após a colheita e armazenamento. Três lotes de sementes da cv. ‘IAC-2028’ (provenientes, respectivamente, dos racemos primário, secundário e terciário) e dois lotes da cv. ‘Guarani’ (lotes comerciais com sementes de todos os racemos misturados) foram avaliados de acordo com a morfologia interna pelo teste de raios-X, na intensidade de 20 kV por 60 segundos de exposição. Posteriormente, as sementes radiografadas foram submetidas ao teste de germinação de modo a relacionar a morfologia interna das sementes com as respectivas plântulas normais, anormais ou sementes mortas. Após seis meses de armazenamento acondicionadas em sacos de papel Kraft, em condições não controladas de temperatura e umidade relativa do ar, amostras dessas sementes foram novamente avaliadas pelo teste de raios-X. O teste de raios-X é eficiente para avaliar a morfologia interna das sementes e seus reflexos no potencial fisiológico.

Termos para indexação: *Ricinus communis* L., análise de imagens, germinação.

## X-Ray test to evaluate castor bean seed quality

ABSTRACT – The increasing interest in using biodiesel as an alternative energy source is increasing the importance of some oleaginous crops, such as castor bean, although high quality seeds must be used. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the X-Ray test in determining castor bean seed quality after harvesting and storage. The internal seed morphology of three seed lots of the ‘IAC 2028’ cultivar (from the first, second and third raceme, respectively) and two seed lots of the ‘Guarani’ cultivar (commercial seed lots with the three racemes mixed) was evaluated with the X-Ray test, at a radiation intensity of 20 kV and an exposure time of 60 seconds. Radiographed seeds were submitted to a germination test to determine any relationship between internal morphology and the quantity of normal and abnormal seedlings, and dead seeds. After six months of storage in paper bags, with no control of temperature or air relative humidity, seed samples were once more evaluated by the X-Ray test. The X-Ray test is effective in evaluating the internal morphology of castor bean seeds and its effects on seed physiological potential.

Index terms: *Ricinus communis* L., image analysis, germination.

<sup>1</sup>Submetido em 03/02/2011. Aceito para publicação em 24/05/2011.

<sup>2</sup>Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ, Caixa postal 9, 13418-900 – Piracicaba, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Instituto Agrônomo de Campinas, Caixa Postal 28, 13001-970 - Campinas, SP, Brasil.

\*Autor para correspondência < nnaomik@yahoo.com.br >

## Introdução

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma das 7.000 espécies da família das Euforbiáceas, e tem como centro de origem o continente africano, possuindo excelente desenvolvimento em condições de clima tropical (Beltrão et al., 2001). Com grande expansão, devido, principalmente, à sua capacidade de adaptação a diferentes condições de solo e clima e ao uso múltiplo do óleo extraído de suas sementes, a espécie possui um grande número de aplicações, tais como: fabricação de cosméticos, próteses para ossos humanos, lubrificantes e aditivos de combustíveis, dentre outras (Weiss, 1983; Beltrão e Silva, 1999).

Para a produção comercial de mamona, é imprescindível a utilização de sementes de alta qualidade. Baixas produtividades geralmente estão associadas à utilização de lotes de sementes de baixa germinação, reduzido vigor e alta contaminação por patógenos (Azevedo e Beltrão, 2007). Além disso, a produção de sementes de mamona ocorre em diferentes racemos, com um intervalo de tempo que varia entre 15 a 20 dias na emissão de cada racemo. Assim, a qualidade das sementes do último racemo pode ser prejudicada se a colheita for realizada antecipadamente, quando estas não atingiram a maturidade fisiológica, resultando em baixa qualidade das sementes.

O teste de raios-X é considerado um método simples, rápido e não destrutivo que tem como objetivo detectar sementes vazias, cheias e presença de danos internos causados por insetos ou danos mecânicos, que podem contribuir para a seleção de lotes em programas de controle da qualidade e, conseqüentemente, aumentar a eficiência do sistema de produção (ISTA, 2004). Este teste tem sido utilizado em pesquisas com sementes desde a década de 1950, quando Simak e Gustafsson (1953) demonstraram sua viabilidade para a avaliação da qualidade de sementes de *Pinus sylvestris* L. Assim, essa técnica foi empregada na orientação de trabalhos de melhoramento genético, possibilitando a detecção de anormalidades em embriões e a determinação do seu estágio de desenvolvimento, bem como no isolamento de embriões mutantes de *Arabidopsis thaliana* (Bino et al., 1993).

A técnica de raios-X também permitiu relacionar a morfologia de sementes com a germinação ou morfologia das plântulas de diversas espécies agrícolas e florestais (Van der Burg et al., 1994; Battisti et al., 2000; Machado e Cicero, 2003; Oliveira et al., 2003; Mondo e Cicero,

2005; Pupim et al., 2008; Santos et al., 2009; Pinto et al., 2009a; Carvalho et al., 2010; Gagliardi e Marcos-Filho, 2011), identificar injúrias por umidade em sementes de soja (Obando Flor et al., 2004; Forti et al., 2010) e por percevejo em sementes de soja (Obando Flor et al., 2004; Pinto et al., 2009b) e de feijão (Forti et al., 2008), além de injúrias mecânicas em sementes de milho (Cícero et al., 1998; Carvalho et al., 1999; Cicero e Banzatto Junior, 2003).

O princípio da técnica consiste na absorção de raios-X em diferentes quantidades pelos diferentes tecidos das sementes, que depende da espessura, da densidade e da composição desses tecidos, além do comprimento de onda da radiação (Bino et al., 1993; ISTA, 2004; Simak, 1991). As sementes são colocadas entre uma fonte de baixa energia de raios-X e um filme fotossensível. Quando os raios-X atravessam a semente e atingem o filme, é criada uma imagem latente. Após o processamento do filme, uma imagem de sombras claras e escuras é formada, criando uma imagem permanente no filme radiográfico. As áreas mais escuras da radiografia correspondem àquelas partes em que os raios-X penetram mais facilmente, enquanto que áreas mais claras representam partes mais densas da semente (Simak, 1991).

Pouco se conhece sobre a viabilidade de sementes de mamona durante o armazenamento, que pode ser dependente do conteúdo de água, das condições ambientais e decorrentes da aplicação de fungicidas. Estas alterações, que podem ser de natureza física, fisiológica ou bioquímica, caracterizam a deterioração, sendo a perda da capacidade germinativa uma de suas conseqüências finais (Delouche e Baskin, 1973). As condições de clima quente e úmido em quase todo o território brasileiro também propiciam um ambiente ideal para o desenvolvimento de pragas e de doenças durante o armazenamento, tornando necessário adotar medidas que minimizem os prejuízos decorrentes.

Esta técnica pode auxiliar na avaliação da qualidade de sementes de mamona após a colheita e após o armazenamento. Como sementes de mamona usualmente são colhidas em uma única colheita nos cultivares indeiscentes, buscou-se com as pesquisas contidas neste trabalho verificar se a colheita parcelada dos diferentes racemos, assim que atingissem a maturidade fisiológica pode ter influência na qualidade das sementes.

Diante do exposto, objetivou-se com a pesquisa verificar a eficiência do teste de raios-X na avaliação da

qualidade de sementes de mamona colhidas de forma parcelada ou única e o armazenamento por seis meses em condições ambientais não controladas.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido em duas épocas (fevereiro e setembro de 2009), nos Laboratórios de Análise de Sementes e de Análise de Imagens, do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. As amostras foram armazenadas em sacos de papel Kraft em condições não controladas de temperatura e umidade relativa do ar.

As sementes de mamona utilizadas foram fornecidas pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC e pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, da safra 2007/2008. As sementes da cultivar ‘IAC-2028’ (três lotes provenientes, respectivamente, dos racemos: primário – Lote 1; secundário – Lote 2 e terciário – Lote 3), foram produzidas no Campo Experimental do IAC em Campinas-SP. As sementes da cultivar ‘Guarani’ (dois lotes comerciais contendo todos os racemos misturados) eram provenientes de diferentes locais de produção (Pindorama, SP - Lote A e Campinas, SP - Lote B). Posteriormente as amostras foram submetidas aos raios-X e determinação do teor de água.

*Determinação do teor de água:* foi realizado, antes e após o armazenamento, pelo método de estufa a 105 °C ± 3 °C durante 24 horas (Brasil, 2009), com duas amostras de 10 sementes para cada lote. Os resultados foram expressos em porcentual médio, tendo como base a massa úmida.

*Morfologia interna de sementes por meio de raios-X:* quatro repetições de 50 sementes de cada lote foram colocadas sobre uma placa de acrílico transparente, especialmente desenvolvida para a condução da análise. A placa foi colocada diretamente sobre um filme de raios -X (Kodak MIN-R EV, tamanho de 18 x 24 cm), a uma distância de 53 cm da fonte de raios X. As imagens foram obtidas com intensidade de 20 kV e tempo de exposição de 60 segundos, estabelecidos em testes preliminares, utilizando-se um equipamento FAXITRON X-Ray, modelo MX-20. A revelação do filme foi efetuada numa processadora Hope X-Ray, modelo 319 Micromax. Posteriormente, as imagens dos filmes de raios X foram capturadas por um Scanner Umax, modelo PowerLook 1100, para ampliação e visualização

em computador Pentium III (600 MHZ, memória de 256 MB, HD Ultra SCSI de 20 GB e monitor de 21”).

Em seguida, as sementes foram colocadas para germinar de acordo com as Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), em papel toalha na forma de rolo, umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. As sementes, previamente identificadas, foram distribuídas em grupos de 10, sendo duas fileiras de cinco sementes espaçadas. Os rolos foram colocados em germinador e mantidos a 20-30 °C. Decorridos dez dias após a instalação do teste, as plântulas normais, bem como as plântulas anormais e as sementes mortas foram fotografadas, por meio de uma câmera fotográfica digital Nikon, modelo D1, acoplada ao computador.

Para as avaliações, as imagens de raios-X das sementes foram disponibilizadas em computador, possibilitando o confronto da análise das imagens radiográficas com as respectivas imagens de plântulas normais, anormais ou sementes mortas resultantes do teste de germinação. Utilizou-se a classificação das sementes de acordo com as categorias descritas por Carvalho et al. (2010): cheia e opaca (CO), cheia e manchada (CM), parcialmente cheia e opaca (PCO), parcialmente cheia e translúcida (PCT), parcialmente cheia com embrião deformado (PCDE), parcialmente cheia e manchada (PCM) e semente vazia (SV). Os dados obtidos no teste de raios-X não foram submetidos à análise estatística.

### Resultados e Discussão

Nas duas épocas de avaliação, as sementes dos lotes de ambas as cultivares possuíam baixo teor de água, sendo o da cultivar ‘IAC-2028’ situado entre 5,5% e 7,4% e da cultivar ‘Guarani’, entre 5,9% e 8,1%. De acordo com Simak (1991), o grau de umidade das sementes influencia a densidade ótica, ou seja, quanto menor a umidade das sementes, maior a densidade ótica, o que possibilita maior diferenciação das estruturas internas das sementes visualizadas nas radiografias.

Os resultados do teste de raios-X para os três lotes da cultivar ‘IAC-2028’, estão apresentados na Tabela 1 e para os dois lotes da cultivar ‘Guarani’ na Tabela 2. De acordo com a análise da morfologia interna das sementes não foram detectadas sementes vazias em nenhum dos lotes usados nesta pesquisa e a ocorrência de sementes parcialmente cheias e translúcidas e parcialmente cheias com defeitos no embrião foi baixa na cv. ‘IAC-2028’.

Tabela 1. Porcentagem do total (T) de sementes em cada uma das classes atribuídas pela análise de imagens e porcentagem das plântulas normais (PN), das plântulas anormais (PA) e de sementes mortas (SM) pelo teste de germinação das sementes submetidas aos raios-X, no início e após seis meses de armazenamento, para os três lotes estudados da cv. 'IAC-2028'.

Teste de raios-X inicial (%)												
Classificação	Lote 1				Lote 2				Lote 3			
	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM
CO*	75	70	4	1	63	58	5	0	83	72	9	2
CM	1	1	0	0	4	4	0	0	3	3	0	0
PCO	22	21	1	0	29	25	3	1	13	10	2	1
PCT	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
PCDE	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
PCM	2	2	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0
SV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	94	5	1	100	90	8	2	100	85	11	4

Teste de raios-X após armazenamento (%)												
Classificação	Lote 1				Lote 2				Lote 3			
	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM
CO	64	62	1	1	66	62	2	2	75	68	4	3
CM	2	2	0	0	2	1	0	1	2	2	0	0
PCO	27	24	0	3	26	19	6	1	21	17	0	3
PCT	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PCDE	2	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
PCM	4	2	0	2	5	3	2	0	2	0	1	1
SV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	90	3	7	100	85	10	5	100	87	6	7

\*CO = cheia e opaca; CM = cheia e manchada; PCO = parcialmente cheia e opaca; PCT = parcialmente cheia e translúcida; PCDE = parcialmente cheia com defeito no embrião; PCM = parcialmente cheia e manchada; SV = semente vazia.

Tabela 2. Porcentagem do total (T) de sementes em cada uma das classes atribuídas pela análise de imagens e porcentagem das plântulas normais (PN), das plântulas anormais (PA) e de sementes mortas (SM) pelo teste de germinação das sementes submetidas aos raios-X, no início e após seis meses de armazenamento, para os dois lotes estudados da cv. 'Guarani'.

Teste de raios-X inicial (%)								
Classificação	Lote A				Lote B			
	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM
CO*	68	62	2	4	54	49	2	3
CM	7	5	2	0	2	0	2	0
PCO	23	21	0	2	22	19	1	2
PCT	0	0	0	0	6	0	2	4
PCDE	0	0	0	0	5	0	3	2
PCM	2	0	2	0	11	0	2	9
SV	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	88	6	6	100	68	12	20

Teste de raios-X após armazenamento (%)								
Classificação	Lote A				Lote B			
	T	PN	PA	SM	T	PN	PA	SM
CO	60	57	1	2	52	47	3	2
CM	4	4	0	0	0	0	0	0
PCO	21	15	0	6	21	11	4	6
PCT	0	0	0	0	2	0	2	0
PCDE	1	0	0	1	9	0	7	2
PCM	14	0	1	13	16	0	3	13
SV	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	76	2	22	100	58	18	23

\*CO = cheia e opaca; CM = cheia e manchada; PCO = parcialmente cheia e opaca; PCT = parcialmente cheia e translúcida; PCDE = parcialmente cheia com defeito no embrião; PCM = parcialmente cheia e manchada; SV = semente vazia.

Nos lotes das duas cultivares, a maioria das sementes foi classificada como cheia e opaca, seguida por sementes parcialmente cheias e opacas. Observa-se que sementes incluídas em todas as classificações resultaram nas categorias plântulas normais, anormais e sementes mortas. A maioria das sementes que resultaram em plântulas normais (Figura 1C) era proveniente de sementes que, avaliadas pelo teste de raios-X, foram classificadas como cheia e opaca (Figura 1A) e parcialmente cheia e opaca (Figura 1B). Sementes identificadas como cheias e manchadas, com injúria no eixo embrionário (Figura 2A e 2C), em alguns casos, resultaram em sementes não germinadas (Figura 2B) ou plântula anormal com defeito na raiz primária (Figura 2D), dependendo do local em que a injúria foi detectada (Carvalho et al., 2010).

Sementes classificadas como parcialmente cheias e manchadas, parcialmente cheias e translúcidas (Figura 3A) e parcialmente cheias com defeitos no embrião (Figura 3B) frequentemente resultaram em sementes mortas (Figura 3C).

No entanto, pode-se verificar nas tabelas que mesmo sementes classificadas como cheias e opacas também resultaram em plântulas anormais ou em sementes não germinadas, quando verificadas trincas no tegumento, com danos no endosperma e no embrião, como pode ser visualizado na Figura 4A, cuja imagem radiográfica da semente foi considerada cheia e opaca, mas resultou em uma semente morta (Figura 4B). Por outro lado, algumas sementes classificadas como parcialmente cheias e opacas (Figura 5A) também resultaram em sementes mortas (Figura 5B). Fato observado com maior frequência nas sementes da cv. ‘Guarani’ foi a presença de plântulas anormais infectadas (Figura 6B), resultante de sementes classificadas como cheia e opaca ou parcialmente cheia e opaca (Figura 6A). Marchi (2010) relacionou, por meio do critério de notas, imagens radiográficas de sementes de amendoim com manchas não definidas, que poderiam ser provenientes de tecidos deteriorados por patógenos (Mondo e Cícero, 2005); no entanto, neste trabalho não foi possível estabelecer esta relação.

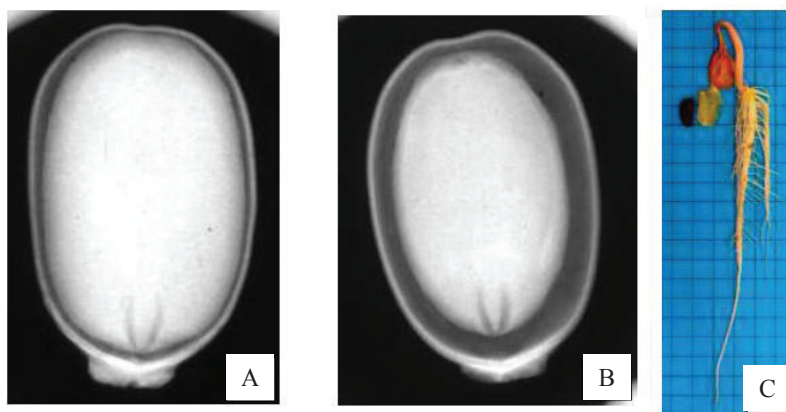


Figura 1. Imagens radiográficas de sementes de mamona classificadas como cheia e opaca - CO (A) e parcialmente cheia e opaca - PCO (B), resultando em uma plântula normal (C).

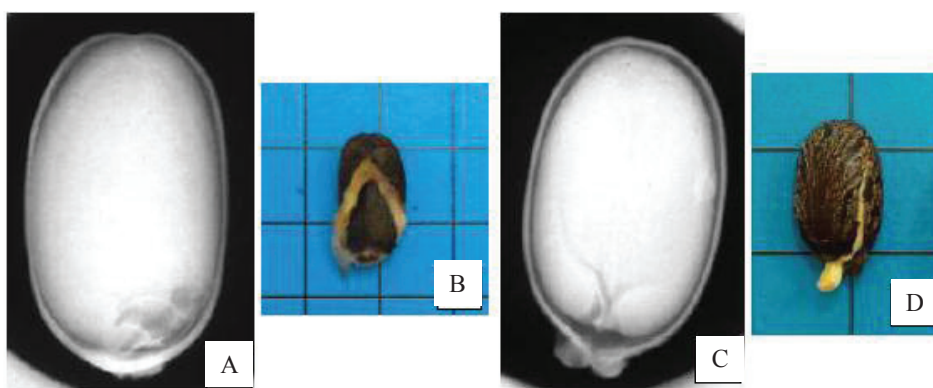


Figura 2. Imagens radiográficas de sementes de mamona classificadas como cheia e manchada – CM (A e C), com dano próximo ao eixo embrionário, resultando em uma semente morta (B) e em uma plântula anormal (D).

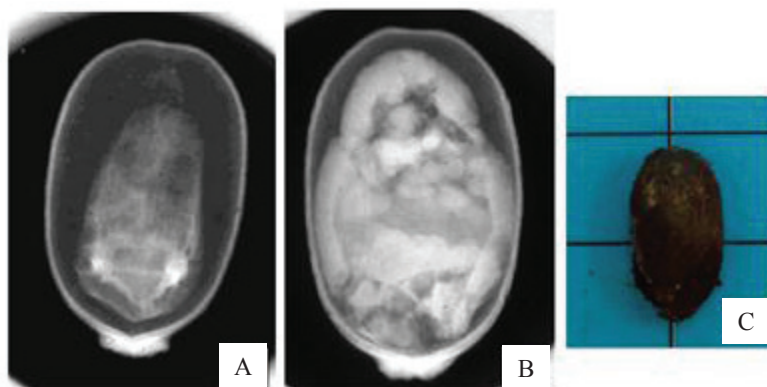


Figura 3. Imagens radiográficas de sementes de mamona classificadas como parcialmente cheia e translúcida - PCT (A) e parcialmente cheia com defeito no embrião - PCDE (B), resultando em uma semente morta (C).

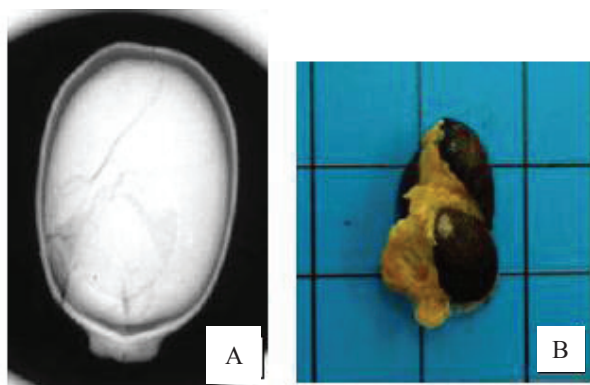


Figura 4. Imagem radiográfica de semente de mamona classificada como cheia e opaca – CO (A) com trincas no tegumento, com danos no endosperma e embrião, resultando em semente morta (B).

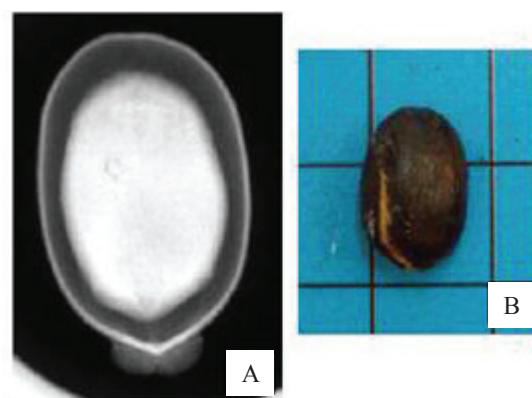


Figura 5. Imagem radiográfica de semente de mamona classificada como parcialmente cheia e opaca – PCO (A), resultando em semente morta (B).

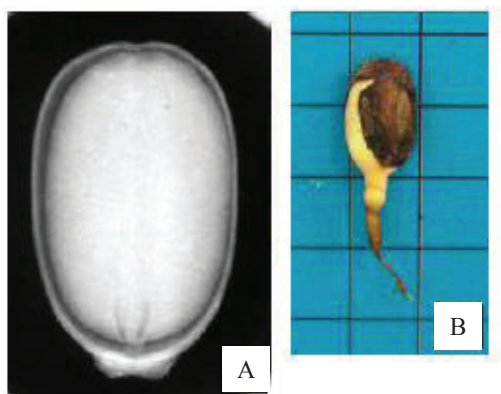


Figura 6. Imagem radiográfica de semente de mamona classificada como cheia e opaca – CO (A), resultando em plântula anormal infectada (B).

Após seis meses de armazenamento, em todos os lotes avaliados, observou-se que a proporção de plântulas normais provenientes de sementes cheias e opacas se manteve elevada e praticamente inalterada em comparação à primeira época; porém o número de plântulas anormais e de sementes mortas resultantes de sementes parcialmente cheias e opacas, com defeito no embrião e manchadas, e cheias e opacas aumentou consideravelmente, especialmente para os lotes A e B da cv. ‘Guarani’. Esse comportamento ocorreu devido à presença de sementes não germinadas e de plântulas anormais, provenientes de sementes de baixo vigor, que apresentavam protusão da raiz primária na avaliação da germinação, que não germinaram devido à má formação ou danos nas sementes, assim como por estádios avançados de deterioração (Swaminathan e Kamra, 1961; Van der Burg et al., 1994). Além disso, sementes

mal formadas, colhidas antes de ter atingido o máximo de matéria seca (parcialmente cheias ou com defeito) se deterioram mais rapidamente. Por outro lado, sementes cheias e opacas se conservaram muito bem durante o armazenamento. Os estresses sofridos pela planta mãe durante o desenvolvimento da cultura e a qualidade inicial das sementes também afetam o potencial de conservação (Carvalho e Nakagawa, 2000).

Estudos avaliando o potencial fisiológico de sementes de mamona, em condições de ambiente não controlado foram realizados por Fanan et al. (2009) com a cv. 'IAC-2028', cujos tratamentos eram diferentes racemos e épocas de colheita, constatando que houve manutenção da qualidade das sementes com 86% de germinação em média, por um período de 12 meses, enquanto Lago et al. (1979) observou que sementes de mamona de três cultivares, entre estas a 'Guarani', mantiveram a germinação em taxas maiores de 80% por um período de até 21 meses.

Apesar dos resultados da avaliação por meio da técnica de raios-X apresentarem porcentagem de sementes que possivelmente originariam plântulas normais terem sido inferior à revelada pelo teste de germinação, para as duas cultivares nas duas épocas, o teste de raios-X ainda propicia informações importantes acerca da qualidade de sementes de mamona, embora subestimado. Este comportamento também foi verificado por Pinto et al. (2009a) estudando a viabilidade de sementes de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Estes autores verificaram ocorrência acentuada de sementes mortas e plântulas anormais, provenientes de sementes sem danos tanto no embrião quanto no endosperma, de acordo com suas imagens avaliadas pela técnica, atribuindo à alta incidência de patógenos nas sementes a explicação para esta diferença.

Comparando as duas cultivares (Tabelas 1 e 2), observa-se que os lotes da cultivar 'IAC-2028' apresentaram melhor qualidade quando comparados com os lotes da cultivar 'Guarani' utilizados nesta pesquisa. O teste de germinação resultou em porcentagem de plântulas normais acima de 85% nos três lotes da cv. 'IAC-2028' após o armazenamento por seis meses (segunda época), sendo acima de 87% na primeira época. Para a cv. 'Guarani', o lote A tinha 88% de germinação na primeira época, reduzida para 76% na segunda época, enquanto a do lote B era de 68%, considerada baixa, reduziu para 58%. Os resultados dos três lotes da cv. 'IAC-2028' e do lote A da cv. 'Guarani' encontra-se dentro do padrão mínimo para comercialização de sementes de mamona, que é de 85% (Brasil, 2005), na época inicial. Por meio das análises radiográficas, a observação de grande número de sementes do lote B da cv. 'Guarani', classificadas como parcialmente cheias com anormalidades no endosperma e embrião, além

de plântulas anormais infectadas oriundas de sementes parcialmente cheias e opacas, explicam a baixa qualidade deste lote.

Talvez o fato da colheita dos três lotes da cv. 'IAC-2028' terem sido realizadas logo após a maturidade fisiológica de cada racemo, tenha proporcionado maior qualidade destas sementes do que a das sementes da cv. 'Guarani', cuja colheita foi realizada em etapa única, colhendo-se os três racemos de uma única vez, permanecendo o primeiro e o segundo racemo expostos às variações climáticas do campo por maior período de tempo e o racemo terciário por um período de tempo menor, gerando sementes de menor qualidade.

Se o manejo da cultura não for realizado de forma adequada, pode haver prejuízos à qualidade das sementes do lote comercial, em que todos os racemos são misturados de modo a formar um único lote. Sabe-se que sementes de mamona apresentam germinação lenta e desuniforme (Carvalho, 2005). Características intrínsecas desta cultura, principalmente com relação à formação dos racemos (inflorescências) e dos frutos, que, dependendo da cultivar e das condições edafoclimáticas, ocorre com intervalo entre 15 a 20 dias e com maturação desuniforme das sementes mesmo dentro do próprio racemo, podem influenciar a qualidade das sementes, associado à presença de fungos decorrentes da alta umidade relativa do ar e temperatura nas condições do teste de germinação (Savy Filho, 2005). Conforme foi revelado por esta pesquisa, quanto maior for o número de sementes que conseguiram atingir o estágio da maturidade fisiológica, com o máximo de acúmulo de matéria seca (sementes cheias e opacas) por ocasião da colheita, melhor será o potencial fisiológico e, conseqüentemente, o de conservação das sementes no armazenamento.

Segundo Carvalho e Oliveira (2006), a técnica de radiografia não detecta todos os problemas de qualidade da semente, mas permite, na maioria dos casos, avaliar de forma rápida e não destrutiva, a morfologia interna, fornecendo informações atuais, úteis e essenciais para a pesquisa e controle de qualidade de sementes. De acordo com os resultados obtidos com as duas cultivares de mamona avaliadas, é possível estimar o desempenho de plântulas e selecionar lotes de sementes de alta qualidade, concordando com os obtidos por Carvalho et al. (2010). Estes autores afirmaram que as imagens do teste de raios-X evidenciam a eficiência da técnica, em que sementes cheias e opacas, consideradas perfeitas apresentaram vigor superior do que aquelas com dano morfológico interno, da mesma forma que foi verificada na presente pesquisa.

## Conclusões

O teste de raios-X é eficiente para avaliar a qualidade (por meio da morfologia interna) de sementes de mamona e seus reflexos no potencial fisiológico.

## Referências

- AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. (Ed.). *O agronegócio da mamona no Brasil*. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2007. 504p.
- BATTISTI, A.; CANTINI, R.; FECI, E.; FRIGIMELICA, G.; GUIDO, M.; ROQUES, A. Detection and evaluation of seed damage of cypress, *Cupressus sempervirens* L., in Italy. *Seed Science and Technology*, v.28, n.3, p.729-738, 2000.
- BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, L.C. Os múltiplos usos do óleo da mamona (*Ricinus communis* L.) e a importância do seu cultivo no Brasil. *Fibras e Óleos*, n.31, p.7, 1999.
- BELTRÃO, N.E.M.; SILVA, L.C.; VASCONCELOS, O.L.; AZEVEDO, D.M.P.; VIEIRA, D.J. Fitologia. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. *O agronegócio da mamona no Brasil*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.37-61.
- BINO, R.J.; AARTSE, J.W.; BURG, W.J.; Non-destructive X-ray of Arabidopsis embryo mutants. *Seed Science Research*, v.3, n.3, p.167-170, 1993. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1353120&fulltextType=RA&fileId=S0960258500001744>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. *Regras para análise de sementes*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BRASIL. Diário Oficial da União. *Padrões para produção e comercialização de sementes de mamona*. Brasília, DF, nº 243, 2005. Seção 1, p.21-22.
- CARVALHO, B.C.L. *Manual do cultivo da mamona*. Salvador: EBDA, 2005. 65p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. *Sementes: ciência, tecnologia e produção*. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000, 588p.
- CARVALHO, M.L.M.; OLIVEIRA, L.M. Raios-X na avaliação da qualidade de sementes. *Informativo Abrates*, v.16, n.1/ 2/3, 2006.
- CARVALHO, M.L.M.; ALVES, R.A.; OLIVEIRA, L.M. Radiographic analysis in castor bean seeds (*Ricinus communis* L.). *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.1, p.170-175, 2010. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222010000100019&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222010000100019&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- CARVALHO, M.L.M.; VAN AELST, A.C.; VAN ECK, J.W.; HOEKSTRA, F.A. Preharvest stress cracks in maize (*Zea mays* L.) kernels as characterized by visual, X-ray and low temperature scanning electron microscopical analysis: effect on kernel quality. *Seed Science Research*, v.9, n.3, p.227-236, 1999. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=693516&fulltextType=RA&fileId=S0960258599000239>
- CICERO, S.M.; BANZATTO JUNIOR, H.L. Avaliação do relacionamento entre danos mecânicos e vigor, em sementes de milho, por meio da análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.25, n.1, p.29-36, 2003. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222003000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222003000100006&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)
- CICERO, S.M.; HEIJDEN, G.W.A.M.V.D.; BURG, W.J.V.D.; BINO, R.J. Evaluation of mechanical damage in seeds of maize (*Zea mays* L.) by X-ray and digital imaging. *Seed Science and Technology*, v.26, p.603-612, 1998.
- DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, v.1, p.427-452, 1973.
- FANAN, S.; MEDINA, P.F.; CAMARGO, M.B.P.; RAMOS, N.P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.1, p.150-159, 2009. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222009000100017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222009000100017&lng=en&nrm=iso)
- FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Análise de imagens na avaliação de danos mecânicos e causados por percevejos em sementes de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.1, p.121-130, 2008. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222008000100016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000100016&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)
- FORTI, V.A.; CICERO, S.M.; PINTO, T.L.F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios-X e testes de potencial fisiológico. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.3, p.123-133, 2010. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=0101-312220100003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=0101-312220100003&lng=en&nrm=iso)
- GAGLIARDI, B ; MARCOS-FILHO, J. Relationship between germination and bell pepper seed structure assessed by the X-ray test. *Scientia Agrícola*, v. 68, n.4, p. 411-416, 2011. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162011000400004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162011000400004&lng=en&nrm=iso)
- ISTA. *International rules for seed testing association*, Zurich, 174p. 2004.
- LAGO, A.A.; ZINK, E.; RAZERA, L.F.; BANZATTO, N.V.; SAVY FILHO, A. Dormência em sementes de três cultivares de mamona. *Bragantia*, v.38, p.41-44, 1979. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=0101-312220100003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=0101-312220100003&lng=en&nrm=iso)
- MACHADO, C.F.; CICERO, S.M. Aroeira-branca (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. - Anacardiaceae) seed quality evaluation by the X-ray test. *Scientia Agrícola*, v.60, n.2, p.393-397, 2003. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162003000200026&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162003000200026&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M. Análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes de milho localizadas em diferentes posições na espiga. *Revista Brasileira de Sementes*, v.27, n.1, p.9-18, 2005. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222005000100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222005000100009&lng=en&nrm=iso)



31222005000100002&lng=en&nrm=iso&tlng=pt

OBANDO-FLOR, E.P.; CICERO, S.M.; FRANCA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. *Revista Brasileira de Sementes*, v.26, n.1, p.68-76, 2004. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222004000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222004000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

OLIVEIRA, L.M.; CARVALHO, M.L.M.; DAVIDE, C.A. Utilização do teste de raios-X na avaliação da qualidade de sementes de canafistula (*Peltophorum dubium* (Sprenkel) Taubert). *Revista Brasileira de Sementes*, v.25, n.1, p.116-120, 2003. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222003000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222003000100018&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

PINTO, T.L.F.; MARCOS-FILHO, J.; FORTI, V.A.; CARVALHO, C.; GOMES JUNIOR, F.G. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelos testes de tetrazólio e de raios-X. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.2, p.195-201, 2009a. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222009000200023&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222009000200023&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

PINTO, T.L.F.; CICERO, S.M.; FRANÇA-NETO, J.B.; FORTI, V.A. An assessment of mechanical and stink bug damage in soybean seed using X-ray analysis test. *Seed Science and Technology*, v.37, n.1, p.110-120, 2009b. <http://www.ingentaconnect.com/content/ista/sst/2009/00000037/00000001/art00013>

PUPIM, T.L.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CARVALHO, M.L.M.; CICERO, S.M. Adequação do teste de raios-X para avaliação da qualidade de sementes de embaúba (*Cecropia pachystachya* Trec). *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.2, p.28-32, 2008. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222008000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222008000200004&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

SANTOS, S.A.; SILVA, R.F.; PEREIRA, M.G.; MACHADO, J.C.; MACHADO, C.F.; BOREM, F.M.; GOMES, V.M.; TONETTI, O.A.O. X-ray technique application in evaluating the quality of papaya seeds. *Seed Science and Technology*, v.37, n.3, p.776-780, 2009. <http://www.ingentaconnect.com/content/ista/sst/2009/00000037/00000003/art00025>

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

SIMAK, M. Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography. In: GORDON, A.G.; GOSLING, P.; WANG, B.S.P. (Ed.) *Tree and shrub seed handbook*. Zurich: ISTA, 1991. p.1-28.

SIMAK, M.; GUSTAFSSON, A. X-ray photography and sensitivity in forest tree species. *Hereditas*, v.39, p.458-468, 1953. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5223.1953.tb03430.x/pdf>

SWAMINATHAN, M.S.; KAMRA, S.K. X-ray analysis of the anatomy and viability of seeds of some economic plants. *Indian Journal of Genetics & Plant Breeding*, v.4, n.2, p.129-135, 1961.

VAN DER BURG, W.J.; AARTSE, J.W.; VAN ZWOL, R.A.; BINO, R.J. Predicting tomato seedling morphology by X-ray analysis of seeds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.119, n.2, p.258-263, 1994. <http://journal.ashspublications.org/cgi/reprint/119/2/258?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMAT=&author1=van+der+burg&searchid=1&FIRSTINDEX=0&sortspec=relevance&resourcetype=HWCIT>

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