

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* Lam.****ASSESSMENT OF THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF *Moringa oleifera* Lam. SEEDS**Bruno Gomes de Noronha<sup>1</sup> André Dantas de Medeiros<sup>2</sup> Márcio Dias Pereira<sup>3</sup>**RESUMO**

Os principais testes que avaliam a qualidade de sementes são destrutivos e exigem um tempo relativamente longo para serem concluídos. A análise de imagens de sementes por meio de raios X representa uma alternativa para este setor, sendo uma técnica reproduzível e rápida, permite maior agilidade e autonomia nas atividades dos sistemas de produção. O objetivo deste trabalho foi analisar a morfologia interna de sementes de moringa por meio de imagens radiografadas e compará-la aos testes de germinação e vigor. Foram utilizados quatro lotes de sementes, coletadas em árvores-matrizes na região de Macaíba – RN, posteriormente radiografadas e as imagens analisadas através do *software* ImageJ e, após a radiografia, submetidas aos testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação e comprimento e massa seca de plântulas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições por lote e os resultados obtidos neste experimento para os testes de germinação e vigor foram comparados com o percentual de área livre no interior da semente. Os lotes 1, 2 e 4 tiveram melhor resultado para os testes de germinação e vigor e o lote 3 mostrou-se de qualidade inferior. Observou-se que quanto maior a área livre no interior das sementes, menor a qualidade dos lotes de moringa testados. A análise de imagens radiografadas de sementes de moringa, com o *software* ImageJ, permite a mensuração das áreas preenchidas e áreas livres no interior da semente assim como a associação entre estas e a germinação. Danos internos severos, malformação e grau de preenchimento detectados nos raios X podem ser associados à baixa germinação e à redução do comprimento de plântulas.

**Palavras-chave:** germinação; imagens digitais; vigor; raios X.

**ABSTRACT**

The main tests that assess the quality of seeds are destructive and require a relatively long time to complete. The analysis of seed images by X-ray is an alternative to this sector, with a reproducible and fast technique, which allows greater flexibility and autonomy to the activities of production systems. The aim of this study was to analyze the internal morphology of Moringa seeds by x-rayed images and to compare it to germination and vigor tests. Four seed lots were used, collected from trees matrixes in Macaíba region, RN state, and subsequently X-rayed and the images were analyzed using ImageJ software after the radiography, submitted to the germination test, first count, germination speed index and length and dry mass of seedlings. The experimental design was completely randomized, with four replicates per lot and the results obtained in this experiment for germination and vigor tests were compared with the free area percentage inside the seed. Lots 1, 2 and 4 had a better result for the germination and vigor tests and lot 3 proved to be of inferior quality. It was observed that the higher the open area inside the seeds was, the lower was the quality of the tested lots of Moringa. The x-rayed image analysis of Moringa seeds with the ImageJ software, allows the measurement of the filled areas and the free areas within the seed as well as the association between these areas and the germination. Severe internal damage, defect and degree of filling detected in X-rays can be

1 Biólogo, MSc., Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rodovia RN 160, Km 03, s/n – Distrito de Jundiá, CEP 59280-000, Macaíba (PE), Brasil. [asphael@gmail.com](mailto:asphael@gmail.com)

2 Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rodovia RN 160, Km 03, s/n – Distrito de Jundiá, CEP 59280-000, Macaíba (PE), Brasil. [andremedeiros94@hotmail.com](mailto:andremedeiros94@hotmail.com)

3 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Agropecuária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rodovia RN 160, Km 03, s/n - Distrito de Jundiá, CEP 59280-000, Macaíba (PE), Brasil. [marcioagron@yahoo.com.br](mailto:marcioagron@yahoo.com.br)

associated with poor germination and seedling length reduction.

**Keywords:** germination; digital images; vigor; X-ray.

## INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam. (moringa) é uma espécie da família Moringaceae, originária do norte da Índia e amplamente distribuída nos países da Ásia, Oriente médio, África, América Central e América do Sul (RABBANI, 2013). Essa espécie apresenta adaptações às regiões secas e quentes, como semiárido brasileiro, caracterizado principalmente pelos baixos índices de pluviosidade (BEZERRA; MOMENTÉ; MEDEIROS FILHO, 2004).

A moringa tem sido utilizada na purificação de águas (PATERNIANI; MANTOVANI; SANT'ANNA, 2009) e na complementação da alimentação humana (THURBER; FAHEY, 2009) e animal (REIS; GUEDES, 2010). Suas sementes são oleaginosas (LORENZI; MATOS, 2002), o que lhes confere potencial na extração de óleo para a produção de biocombustível (RASHID; ANWAR; KNOTHE, 2008; SILVA; NASCIMENTO, 2010), entre outras finalidades. Em função de suas múltiplas utilidades, a procura por mudas e sementes desta espécie florestal tem crescido nos últimos anos, no entanto, a maior parte das sementes comercializadas ainda é de baixa qualidade.

Os principais testes que avaliam a qualidade de sementes e o desempenho de plântulas são descritos pelas Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009) e manuais de vigor da Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999; LIMA JUNIOR, 2011). Porém, a maioria dessas análises é destrutiva e demandam longo tempo, o que é considerado caro na cadeia que envolve a produção e comercialização das sementes e, posteriormente, a produção de mudas (MASETTO; FARIA; QUEIROZ, 2008). Deste modo, a redução do tempo para avaliar a qualidade de lotes de sementes é muito favorável, do ponto de vista técnico, econômico e científico, dando maior agilidade e autonomia às atividades dos sistemas de produção (VILELA et al., 2009).

Estudos envolvendo imagens radiografadas apresentaram grande potencial na determinação da qualidade de sementes com resultados mais precoces para a avaliação dos caracteres morfológicos que influenciam a fisiologia, crescimento e desenvolvimento de plântulas de moringa (AMARAL et al., 2011) e de outras espécies, como a *Acca sellowiana* O. Berg (SILVA et al., 2013), *Ginkgo biloba* L. (SALINAS et al., 2012), *Xylopiia aromática* Lam. (SOCOLOWSKI; CICERO; VIEIRA, 2011) e *Cucurbita moschata* Duch. (CARVALHO et al., 2009). Considerado um método rápido e não destrutivo, é indicado pela Associação Internacional de Teste de Sementes (INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION, 2009), como teste eficiente para avaliação da qualidade de algumas sementes. Esta técnica permite identificar e determinar aspectos do tegumento, endosperma, cotilédones e embrião, tais como malformação embrionária, rompimento do tegumento, grau de desenvolvimento interno e possíveis alterações morfológicas (CARVALHO et al., 2009; PINTO et al., 2009).

A viabilidade das sementes submetidas ao comprimento de onda dos raios X não é comprometida devido às baixas intensidades utilizadas, possibilitando a realização de testes adicionais com a mesma semente (OLIVEIRA; CARVALHO; DAVIDE, 2003). Desta maneira, a associação de testes paralelos de germinação à análise de raios X permite a correlação com integridade de partes vitais da semente ao seu potencial fisiológico (ASCHERI; OLIVEIRA NETO; DEVILLA, 2005).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho analisar a morfologia interna de sementes de moringa por meio de imagens radiografadas e compará-las com os resultados dos testes de germinação.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de análise de sementes da Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Utilizaram-se quatro lotes de 200 sementes de moringa coletadas em árvores-matrizes localizadas na região de Macaíba - RN.

As sementes foram previamente desinfestadas com hipoclorito de sódio a 2% e lavadas com água destilada, retirando-se o excesso de umidade com papel-toalha, e em seguida, acondicionado em uma placa

de isopor contendo espaços dedicados a cada semente com sua respectiva numeração, na qual foram submetidas aos raios X.

Para o teste de raios X, foi utilizado equipamento Philips, modelo CE 0051, série 1AE no qual as sementes foram dispostas, utilizou-se radiação por 0,14 segundos a 40 kV e 2,0 mAs a uma distância focal de 70 cm e em seguida, realizou-se a leitura digital do filme, com o equipamento Kodak Direct View Elite, modelo 975.

Para a análise de imagens radiografadas das sementes de moringa, adaptou-se a metodologia utilizada por Silva et al. (2013). As etapas da análise das imagens no ImageJ foram executadas seguindo os seguintes passos: Abertura da imagem no formato Tagged Image File Format (TIFF); conversão para o tipo escala de cinza 8 bits (256 tons); seleção da área de interesse para a análise, e, neste caso, realizou-se a análise de cada semente de forma individualizada com a ferramenta de corte. A calibração da escala foi realizada considerando o valor de *pixels* em cada imagem como referência, que foi de 2400 por 3020 *pixels* (aproximadamente 10.703 *pixels/mm*); para delimitação dos tecidos utilizou-se a ferramenta de polígono.

Para que fossem determinados os valores de cada segmento, a semente foi dividida em regiões: Embrião - correspondente à área preenchida (Figura 1A), área vazia - espaço entre a área preenchida e o limite interno do tegumento (Figura 1B) e área total - definida pelo limite externo do tegumento (Figura 1C). Todos os procedimentos foram executados manualmente para cada semente e através da imagem gerada pelos raios X calculou-se o percentual de área livre no interior da semente.

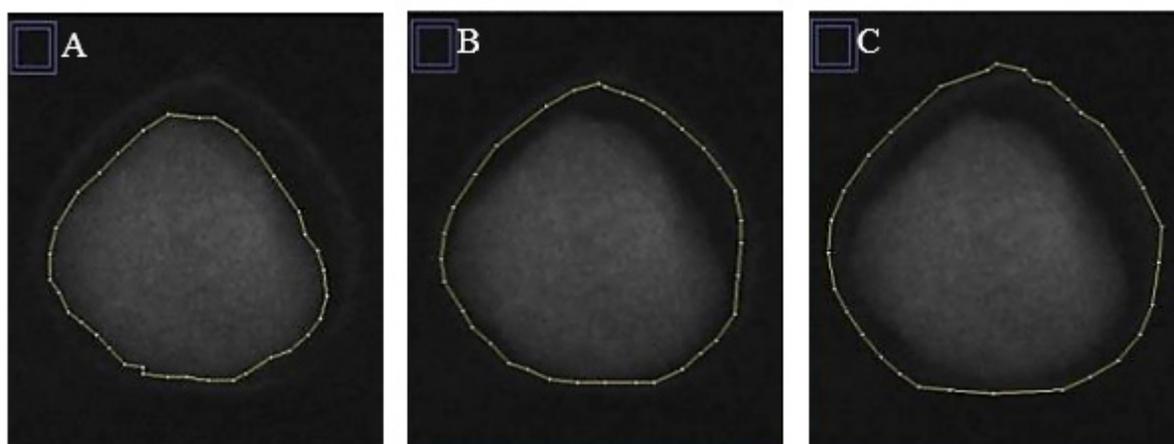


FIGURA 1: Análise de imagens de sementes de moringa no *software* ImageJ, evidenciando as regiões escolhidas dos três segmentos: Área Preenchida (A), limite interno do tegumento (B) e área total (C).

FIGURE 1: Moringa seed Image analyses in ImageJ software, highlighting the selected regions of the three segments: filled area (A), internal limit of the integument (B) and total area (C).

A determinação da área vazia foi obtida através da seguinte fórmula:

$$AV = AIT - AP$$

Em que: AV = área vazia; AIT = área interna do tegumento; e AP = área preenchida.

Após a análise das imagens pelo do teste de raios X, realizou-se o teste de germinação, com as mesmas sementes submetidas à radiografia, as quais foram colocadas sobre papel-toalha do tipo germitest na forma de rolo, umedecido com água destilada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso total do papel. Os rolos foram colocados dentro de sacos plásticos, em seguida mantidas em câmara do tipo Biochemical Oxygen Demand B.O.D. a 25°C, sendo a primeira contagem de plântulas normais, efetuada aos cinco e a contagem final aos dez dias, para fins de avaliação da germinação, de acordo com a metodologia definida por Bezerra et al. (2004) e Brasil (2009). No teste de germinação, também foram consideradas e computadas as plântulas anormais, que tiveram alterações em sua morfologia, e as sementes mortas, aquelas que não germinaram ou estavam em processo de deterioração visível.

Para os testes de germinação, considerou-se plântula normal como sendo aquela que tem o compri-

mento total de pelo menos quatro vezes o tamanho da semente e sem anomalias, como descrito por Brasil (2009) para espécies arbóreas, neste caso foram consideradas as plântulas que tinham comprimento igual ou maior que 6 cm.

O vigor das sementes foi analisado utilizando os seguintes testes: Primeira contagem - conduzido conjuntamente com o teste de germinação e seguindo as recomendações de Bezerra et al. (2004). Índice de velocidade de germinação - realizado junto com o teste de germinação, avaliando-se o número de sementes germinadas diariamente e calculado de acordo com a fórmula descrita por Maguire (1962). Comprimento de plântulas - medidas individualmente com o auxílio de uma régua graduada, de acordo com a metodologia definida por Krzyzanowski, Vieira e França Neto (1999). Massa seca de plântulas - As plântulas foram acondicionadas em sacos de papel-kraft e secas em estufa a 65°C até atingir o peso constante (48 horas) e decorrido esse tempo foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, como recomendado por Nakagawa (1999). Foram utilizados quatro lotes com quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo a comparação de médias dos lotes para cada variável feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Statistical Analysis System (SAS). Realizou-se também a distribuição de frequência de área livre (%) e plântulas normais, correlacionando-os através do teste de coeficiente de correlação simples de Pearson (r).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes apresentaram boa visualização à radiação, de forma que, o tempo de 0,14 segundos e a intensidade de 40 kV em equipamento convencional de raios X foram adequados.

Pesquisas realizadas com outras espécies, como a *Terminalia argentea* Mart. (GOMES, 2013), *Cucurbita moschata* Duch. (CARVALHO et al., 2009) e *Jatropha curcas* L. (PINTO et al., 2009), que envolveram análise de imagens radiografadas, demonstram que os raios X não alteraram o potencial fisiológico das sementes, uma vez que a radiação é considerada baixa.

A análise das imagens radiografadas permitiu a determinação de estruturas internas das sementes de moringa e também de um tecido denso ao redor do embrião, que é o tegumento de acordo com a morfologia de sementes dessa espécie descrita por Ramos et al. (2010). As áreas preenchidas e vazias foram visualizadas nos quatro lotes avaliados, sendo que as áreas escuras representam ausência de tecido ou de tecido de baixa densidade, e as áreas claras, os tecidos com maior densidade. Diante disso, é possível classificar as sementes, quanto a sua formação em: Cheia e bem formada (Figura 2A), manchada (Figura 2B), com danos físicos (Figura 2C) e vazias (Figura 2D).

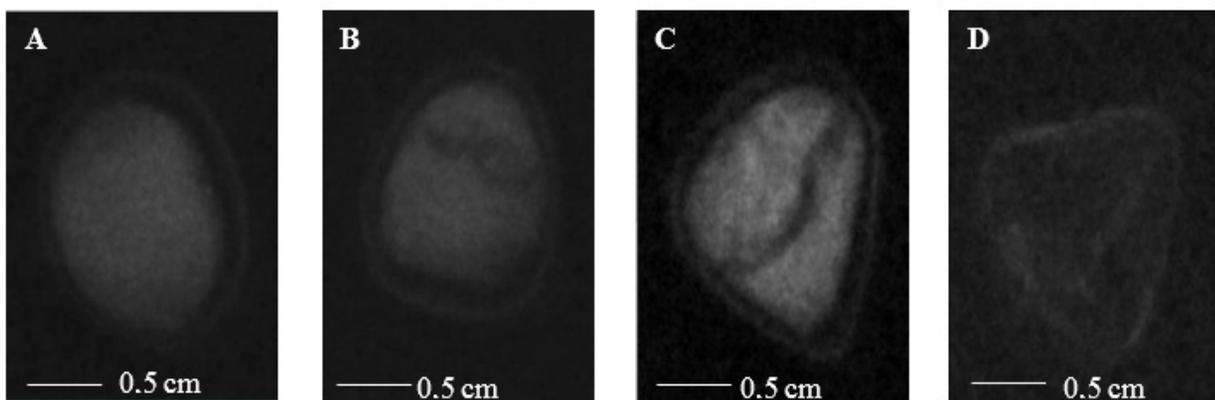


FIGURA 2: Imagens de raios X de moringa no programa ImageJ e a classificação das sementes baseada nas diferenças entre as áreas da cavidade interna preenchida: cheia e bem formada (A), manchada (B), com danos físicos (C) e vazia (D).

FIGURE 2: Moringa X-ray images in ImageJ software and classification of seeds based on the differences between the areas of the filled internal cavity: full and well formed (A), stained (B) with injury (C) and empty (D).

Em estudos realizados com moringa e utilizando a técnica de raios X, Vasconcelos et al. (2013), consideraram que as sementes manchadas que deram origem a plântulas anormais estavam relacionadas a pequenas alterações na formação dos cotilédones, ou ainda, a presença de fungos. Da mesma forma, em testes de raios X com sementes de mamona, Kobori, Cicero e Medina (2012), observaram que as sementes parcialmente cheias, com danos ou defeitos, tiveram menor porcentagem de germinação, quando comparadas com as cheias e opacas ou com pequenas manchas.

Os resultados contidos na Tabela 1 obtidos no teste de germinação apresentam valores para o percentual de plântulas normais nos lotes 1, 2 e 4 de 86, 89 e 88%, respectivamente, não sendo identificadas diferenças significativas entre eles, no entanto, o lote 3 diferiu significativamente, alcançando apenas 48% de plântulas normais. Em estudos realizados com sementes de moringa, Pereira (2010) estimou que para comercialização de um lote de sementes, este deve ter no mínimo 80% de germinação.

TABELA 1: Caracterização fisiológica de lotes de sementes de *Moringa oleifera*.

TABLE 1: Physiological characterization of *Moringa oleifera* seed lots.

LOTE	PN (%)	PC (%)	IVG	PA (%)	M (%)	CA (cm)	CR (cm)	MS (g)	AV (%)
1	86a	80a	41,7b	4,0b	10,5c	5,89b	8,89a	0,284b	18,2b
2	89a	75b	43,6ab	1,0c	10,0c	5,86b	8,14a	0,289b	19,1b
3	48b	30c	21,6c	7,0a	45,5a	3,48c	3,08c	0,176c	24,7a
4	88a	76b	46,3a	1,0c	11,5bc	6,41a	6,95b	0,313a	17,9b

Em que: PN = plântulas normais; PC = primeira contagem; IVG = índice de velocidade de germinação; PA = plântulas anormais; M = sementes mortas; CA = comprimento de parte aérea; CR = comprimento radicular; MS = massa seca; AV = percentual de área vazia. As médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para primeira contagem de germinação (Tabela 1) o lote 1 foi que teve maior germinação (80%), os lotes 2 e 4 são de qualidade intermediária (75 e 76%, respectivamente) e o lote 3 demonstrou o pior desempenho, comparado aos demais, no qual observou-se que apenas 30% das sementes germinaram aos cinco dias. O resultado obtido para a variável índice de velocidade de germinação, também indicou que os lotes 1, 2 e 4, atingiram valores muito próximos (41,7; 43,6 e 46,3%, respectivamente), contudo, é possível observar diferenças significativas entre o lote 1 e 4, enquanto que, para o lote 3, observou-se resultado inferior, sendo o IVG de 21,6. A primeira contagem e o Índice de velocidade de germinação podem ser utilizados para identificar lotes com emergência mais rápida em campo ou em estufa, minimizando assim as condições adversas que ocorrem durante a germinação e estabelecimento de plântulas (NASCIMENTO; PEREIRA, 2007), esses menores valores obtidos pelo lote 3 na primeira contagem e IVG, podem ser explicados pelo fato dessas sementes possuírem menor quantidade de material de reserva e maior área vazia.

Ainda na tabela 1 observou-se que os lotes 2 e 4 tiveram menor quantidade de plântulas anormais, cerca de 1% e o lote 1, que foi classificado como lote de qualidade intermediária, 4% de plântulas anormais. Mais uma vez, o lote 3 demonstrou o pior desempenho, 7% de plântulas com algum tipo de malformação que as considerassem anormais. Na análise de sementes mortas, os lotes 1, 2 e 4 atingiram médias de 11, 10 e 12%, respectivamente, e o lote 3, detectado nos testes anteriormente como o de pior qualidade, também teve o maior percentual de sementes mortas, 46%.

Na avaliação do comprimento de partes das plântulas de moringa foi possível identificar que as sementes do lote 3 produziram plântulas com radículas e partes aéreas menores, quando comparado com os demais lotes, sendo 3,48 e 3,08 cm, respectivamente. Para o comprimento de parte aérea, as plântulas do lote 4 tiveram maior comprimento (6,41 cm) e os lotes 1 e 2, valores intermediários que não diferiram entre si 5,89 e 5,86 cm, respectivamente. Para o comprimento da radícula, os lotes 1 e 2 foram os que atingiram maior crescimento (8,89 e 8,14 cm) e o lote 4, crescimento intermediário (6,95 cm) (Tabela 1). Esses valores evidenciam que durante a germinação, substâncias de reserva são mobilizadas para a produção de energia e de novas moléculas para o crescimento e desenvolvimento das plântulas e isso está ligado à quantidade de assimilados presentes na semente e a mobilização desses para o eixo embrionário durante o

crescimento (FURTADO, 2014).

Em seus trabalhos com sementes de *Ricinus communis* L. Silva et al. (2013) observaram que a redução do valor de massa seca diminui a qualidade das sementes e aumenta a quantidade de plântulas anormais geradas, sendo que, quanto menor massa seca acumulada pelas sementes pior a qualidade do lote. Os resultados encontrados no presente trabalho corroboram essas afirmações, observando-se que o lote 3 foi o menos vigoroso, com menor valor de massa seca de plântulas (0,176 g) (Tabela 1). De acordo com Bewley e Black (2012), as substâncias de reserva são acumuladas para fornecimento de energia e substâncias básicas para o desenvolvimento do processo de germinação, deste modo, menor acúmulo de massa seca resultaria em menor vigor das sementes, e menor desenvolvimento de plântulas, quando comparadas com aquelas de lotes em que se observa maior acúmulo de reservas.

Com base nos resultados obtidos para área livre no interior das sementes (Tabela 1), constatou-se que os lotes 1, 2 e 4 apresentaram área livre interna de 18,2; 19,1 e 17,9%, respectivamente, em relação à área total da semente, ao passo que para as sementes do lote 3 esse valor foi maior (24%), corroborando a classificação dos testes de germinação, nos quais os lotes 1, 2 e 4 foram de qualidade superior à das sementes do lote 3. Observou-se que os lotes que tiveram menor percentual de área livre interna geraram maior percentual de plântulas normais.

Comparando-se os resultados de germinação e percentual de área livre, pode-se observar que a técnica de raios X permite a classificação de lotes mais viáveis uma vez que a correlação entre plântulas normais e percentual de área livre no interior das sementes foi forte e negativa, dessa forma, quanto maior a área livre no interior das sementes, menor é o percentual de plântulas normais. Essa correlação também foi apontada no trabalho de Silva et al. (2013) em que se utilizaram sementes de *Acca sellowiana* O. Berg., no qual os maiores valores de área livre tiveram correlação com o percentual de plântulas anormais, nesse caso, a correlação foi forte e positiva. Esses resultados também foram observados para *Tabebuia heptaphylla* Vell. (AMARAL et al., 2011), espécies florestais de Lauraceae (CARVALHO et al., 2009), *Jatropha curcas* L. (PINTO et al., 2009), nos quais as sementes com valores de área livre maior que o da área preenchida geraram maior percentual de plântulas anormais. Estudando sementes de moringa, Bezerra, Momenté e Medeiros Filho (2004) observaram que as sementes com maior peso, foram aquelas que obtiveram altas porcentagens de germinação, relacionando diretamente o preenchimento da semente e a altura da plântula.

Em suas pesquisas com sementes de mamona (*Ricinus communis* L.), Marcos Filho et al. (2010) observaram que existe relação entre o preenchimento da área interna das sementes, área vazia no interior das sementes e o desenvolvimento de plântulas, na qual, sementes com percentual de preenchimento inferior a 75% geraram plântulas com 4,5 cm e aquelas com percentual igual ou superior a 80% plântulas com 5,6 cm de comprimento.

Na Figura 3 comparou-se o percentual de área livre no interior da semente com o comprimento de plântulas, considerando-se as plântulas normais como aquelas que possuem pelo menos 6 cm de comprimento e aspecto saudável. A distribuição das sementes quanto à área livre dentro de cada lote (Figura 3A) indica que para os lotes 1, 2 e 4, a maior parte das sementes tiveram valores abaixo dos 20% de área livre, enquanto que para o lote 3, na maior parte das sementes detectaram-se valores acima dos 20%. Na Figura 3B verifica-se a distribuição do comprimento de plântulas para os quatro lotes de sementes testados, nos lotes 1, 2 e 4 fica evidenciada maior quantidade de plântulas consideradas normais, enquanto que, no lote 3 esse valor é inferior, comparando-se com os demais lotes, uma vez que este tem grande quantidade de sementes mortas, e ainda, plântulas que possuem mais de 6 cm de comprimento, entretanto, demonstram alguma anomalia (Figura 3B).

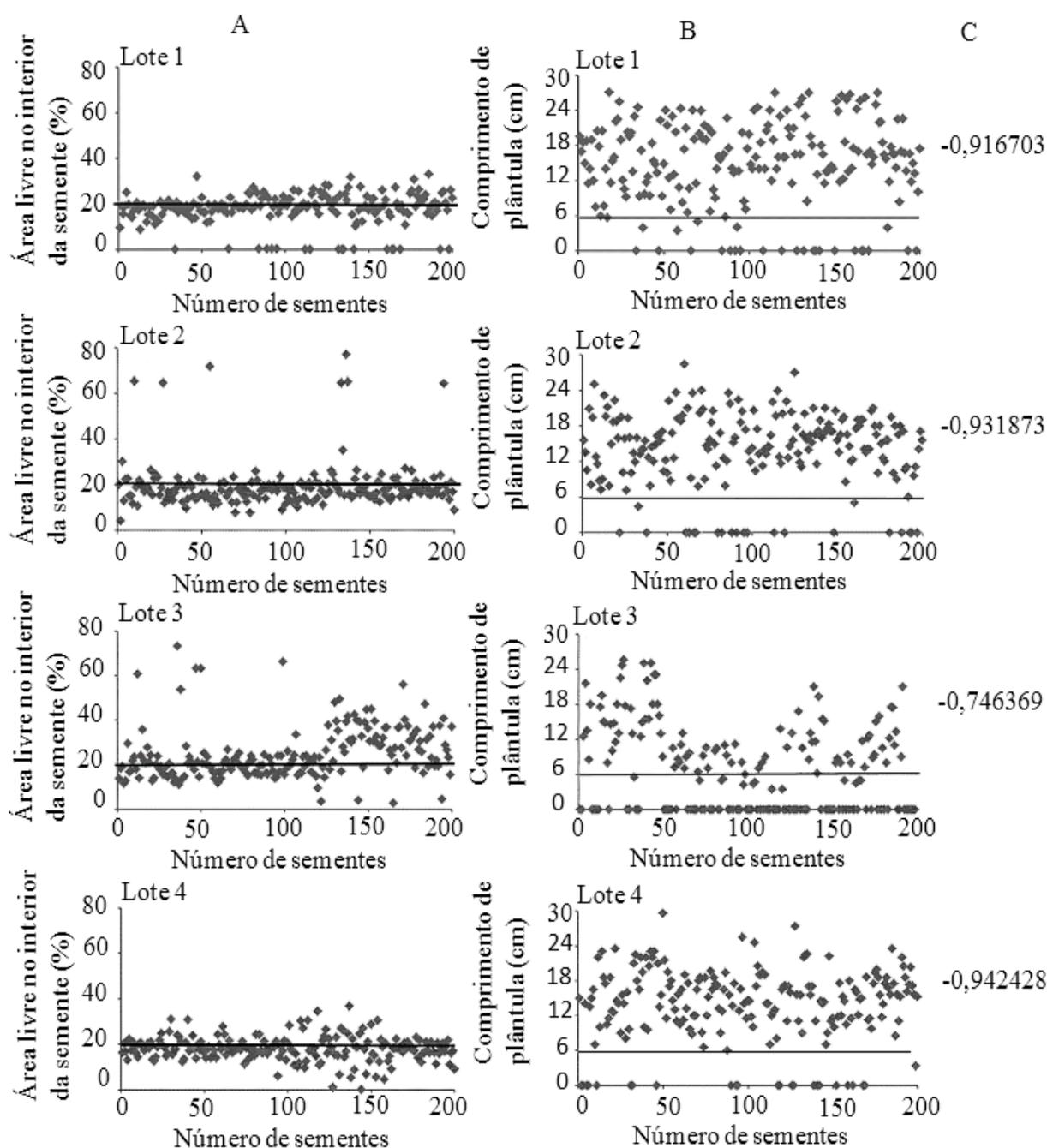


FIGURA 3: Distribuição da área livre (%) no interior das sementes (A), distribuição do comprimento (cm) de plântulas (B) em quatro lotes de moringa e o valor numérico de correlação entre os dois parâmetros (C).

FIGURE 3: Distribution of empty area (%) in seeds (A) and distribution length (cm) seedlings (B) in four lots of Moringa and the numerical value of correlation between the two parameters (C).

As diferenças de preenchimento no interior das sementes podem ocorrer durante o seu processo de formação e maturação, uma vez que o potencial fisiológico de uma semente depende do suprimento de assimilados durante o seu desenvolvimento (MARCOS FILHO, 2005; OLIVEIRA et al., 2013; RABBANI et al., 2013). Os resultados apresentados (Figura 3) corroboram o que afirmaram estes autores, e demonstram que, sementes com maior área livre interna, portanto, sementes que tiveram menor desenvolvimento do embrião, apresentaram menor crescimento de plântulas e menor percentual de plântulas normais.

A comparação entre uma semente sem danos e com bom preenchimento e a plântula normal pro-

duzida a partir dela, com todas as suas estruturas pode ser observada na Figura 4A. Sementes com danos aparentes nas imagens de raios X resultaram em plântulas anormais (Figura 4B), assim, comprova-se o efeito negativo da área livre e dos danos físicos no interior das sementes e na sua qualidade fisiológica. A radiografia também permitiu detectar sementes com danos e deformações no embrião e que resultaram em sementes mortas no teste de germinação (Figura 4C). Esses resultados confirmam que a morfologia interna pode ser um indicativo do potencial de viabilidade das sementes, confirmando os resultados obtidos por outros autores para sementes de diferentes espécies, como *Terminalia argentea* Mart. (GOMES, 2013), *Platypodium elegans* Vogel. (SOUZA et al., 2008), *Bowdichia virgilioides* Kunth. (ALBUQUERQUE; GUIMARÃES, 2008) e *Ricinus communis* L. (CARVALHO; OLIVEIRA, 2006).

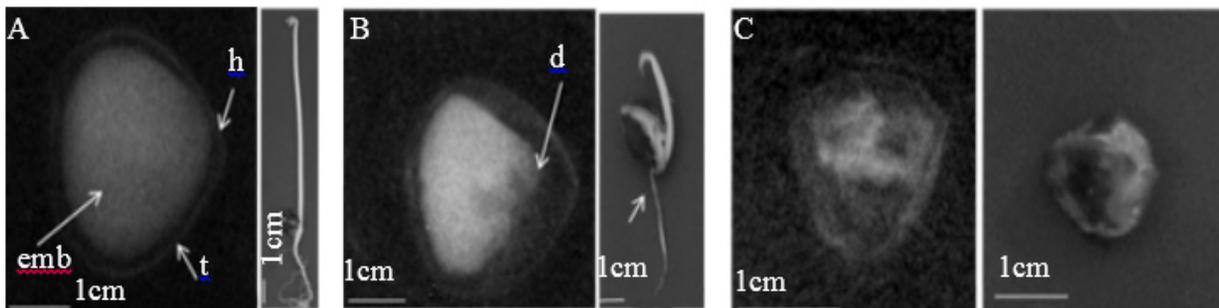


FIGURA 4: Semente de moringa sem danos (A) com as setas indicando o tegumento (t), embrião (emb) e hilo (h), com danos (B) indicados pela seta (d) e suas respectivas plântulas normal e anormal e semente morta (C).

FIGURE 4: Moringa seeds undamaged (A) with the arrow indicating the integument (t), embryo (emb) and heel (h), with damage (B) indicated by the arrow (d) and their respective normal and abnormal seedlings and dead seed (C).

## CONCLUSÃO

A análise de imagens radiografadas de sementes de moringa, com o *software* ImageJ, permite a mensuração das áreas preenchidas e áreas livres no interior da semente, bem como a associação entre estas e a germinação.

Danos internos severos, malformação e grau de preenchimento detectados nos raios X podem ser associados à baixa germinação e redução do comprimento de plântulas.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, K. S.; GUIMARÃES, R. M. Avaliação da qualidade de sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.) pelo teste de raios X. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1713-1718, 2008.
- AMARAL, J. B. et al. Teste de raios X para a avaliação do potencial fisiológico de sementes de ipê-roxo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 601-607, 2011.
- ASCHERI, D. P. R.; OLIVEIRA NETO, M. C.; DEVILLA, I. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja irradiadas por raios X e armazenadas. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 192-197, 2005.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3th ed. New York: Springer-Verlag, 2012. 392 p.
- BEZERRA, A. M. E. et al. Avaliação da qualidade das sementes de *Moringa oleifera* Lam. durante o armazenamento. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1240-1246, 2004.
- BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G.; MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília:

- Departamento Nacional de Produção Vegetal, 2009. 399 p.
- CARVALHO, M. L. M. et al. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de abóbora. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 221-227, 2009.
- CARVALHO, M. L. M.; OLIVEIRA, L. M. Raios X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Informativo ABRATES**, Brasília, v. 16, n. 1/2, 2006.
- FURTADO, A. L. D. O. L. **Mobilização de reservas e partição de metabólitos durante a germinação da semente e o estabelecimento da plântula em moringa**. 2014. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- GOMES, K. B. P. **Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Terminalia argentea* Mart. et Zucc. pelos testes de raios X, condutividade elétrica, pH do exsudato e germinação**. 2013. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **International rules for seed testing**. Zurique: ISTA, 2009. p. 180.
- KOBORI, N. N.; CICERO, S. M.; MEDINA, P. F. Teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de mamona. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 125-133, 2012.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 3.2-3.4.
- LIMA JUNIOR, M. J. V. **Manual de procedimentos de análise de sementes florestais**. Londrina: ABRATES, 2011. 80 p.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. p. 346-347.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARCOS FILHO, J. et al. Using tomato analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 146-153, 2010.
- MASETTO, T. E.; FARIA, J. M. R.; QUEIROZ, S. E. E. Evaluation of the seed quality in *Cedrela fissilis* - (Meliaceae) by X-ray test. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1708-1712, 2008.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.
- NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, R. S. Testes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de alface e sua relação com a germinação sob temperaturas adversas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 175-179, 2007.
- OLIVEIRA, F. A. et al. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade de água e da posição das sementes nos frutos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 79-87, 2013.
- OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; DAVIDE, A. C. Utilização do teste de raios X na avaliação da qualidade de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 25, p. 116-120, 2003.
- PATERNIANI, J. E.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R. Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 765-771, 2009.
- PEREIRA, V. J. Proposta de padronização do teste de germinação e determinação de padrão de germinação para *Moringa oleifera*. In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA. 2., 2010, Sergipe. **Anais...** Aracaju: Rede PETROGAS e Sergipe de Biodiesel, 2010. p. 130-134.
- PINTO, T. L. F. et al. Avaliação da viabilidade de sementes de pinhão manso pelo teste de tetrazólio e de raios X. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 195-201, 2009.
- RABBANI, A. R. C. et al. Pré-embrição em sementes de moringa. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 9, n. 5, 2013.
- RASHID, U.; ANWAR, F.; KNOTHE, G. *Moringa oleifera* oil: a possible source of biodiesel. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, n. 17, p. 8175-8179, 2008.
- REIS, M.; GUEDES, C. Utilização da *Moringa oleifera* como forragem para a alimentação de bovinos.

- In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 2., 2010, Sergipe, **Anais...** Aracaju: Rede PETROGAS; Sergipe de Biodiesel, 2010. p. 200-204.
- SALINAS, A. R. et al. X-ray characterization of *ginkgo biloba*. seeds using digital and manual measurements. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 1-7, 2012.
- SILVA, P. P.; NASCIMENTO, W. M. Definição da metodologia para realização do teste de raios X em sementes de abóbora. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 28, n. 2, p. S4273-S4277, 2010.
- SILVA, V. N. et al. *Acca sellowiana* O. Berg seed morphology evaluation by image analysis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1158-1169, 2013.
- SOCOLOWSKI, F.; CICERO, S. M.; VIEIRA, D. C. M. Seed weight of *Xylopia aromatica* (Annonaceae): quality evaluation from X-ray and seedling emergence. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 6, p. 643-646, 2011.
- SOUZA, L. A. et al. Uso de raios X na avaliação da qualidade de sementes de *Platypodium elegans* Vog. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 343-347, 2008.
- THURBER M. D.; FAHEY J. W. Adoption of *Moringa oleifera* to Combat Under-Nutrition Viewed Through the Lens of the “Diffusion of Innovations” Theory. **Ecology of Food and Nutrition**, Abingdon, v. 48, n. 3, p. 212-225, 2009.
- VASCONCELOS, M. C. **Análise de imagem e sanidade em sementes de *Moringa oleifera***, 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) - Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2013.
- VILELA F. L. et al. Uso de imagens computadorizadas para avaliação do vigor de sementes de café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Espírito Santo: CBP&D; EMBRAPA Café, 2009. p. 1-5.