



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO



UNIDADE ACADÊMICA ESPECIALIZADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - UAECIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS - PPGCFL

Sistema de análise de plântulas (SAPL) na determinação do vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam.

JOÃO ANTÔNIO VIEIRA DOS REIS

MACAÍBA/RN

17 DE FEVEREIRO DE 2017

JOÃO ANTÔNIO VIEIRA DOS REIS

Sistema de análise de plântulas (SAPL) na determinação do vigor de sementes de *Moringa oleifera* Lam.

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Orientador Prof^o Dr. Sc. Márcio Dias Pereira

MACAÍBA/RN

17 DE FEVEREIRO DE 2017

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial da Escola Agrícola Jundiá - EAJ

Reis, João Antônio Vieira Dos.

Sistema de análise de plântulas (SAPL) na determinação do vigor de sementes de Moringa oleifera Lam / João Antônio Vieira Dos Reis. - Macaíba, 2017. 20f.: il.

Dissertação (Mestre) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias. Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais IS.

Orientador: Márcio Dias Pereira.

1. Imagem de plântula - Dissertação. 2. Germinação - Dissertação. 3. Sistema automatizado - Dissertação. I. Pereira, Márcio Dias. II. Título.

JOÃO ANTÔNIO VIEIRA DOS REIS

**SISTEMA DE ANÁLISE DE PLÂNTULAS (SAPL) NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE
SEMENTES DE MORINGA OLEIFERA LAM.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a
obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais
no Programa de Pós-Graduação em Ciências
Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do
Norte.

Aprovada em 17/02/2017

BANCA EXAMINADORA



Prof^o Dr. Márcio Dias Pereira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Dra. Cibele dos Santos Ferrari

Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Prof^a Pós-Dra. Andressa Vasconcelos Flôres

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico aos meus pais Manoel do Reis e Eridan
Vieira, que tanto apoiaram e incentivaram o meu
crescimento profissional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio a presente pesquisa.

Agradeço ao meu orientador Prof^o Dr. Márcio Dias Pereira pelo acompanhamento, tutoria na realização deste trabalho.

Por fim, gostaria de registrar meus agradecimentos a Dra. Cibele dos Santos Ferrari, Prof^o Pós-Dra. Andressa Vasconcelos Flôres e Prof^o Dra. Wiara de Assis Gomes que se dispuseram de bom grado a participar como avaliadoras do presente trabalho, apontando suas deficiências e orientando seu aperfeiçoamento.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	VIII
Lista de Tabelas	IX
Resumo.....	10
Abstract.....	10
Introdução.....	10
Material e Métodos.....	11
Resultados e Discussão.....	13
Conclusão.....	20
Referências Bibliográficas.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fundo azul de placa de Etil Vinil Acetato (EVA) para captação de imagens com as plântulas a serem analisadas pelo Sistema de análise de plântulas (SAPL)	12
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Germinação (G), primeira contagem (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca de plântulas em laboratório (MS), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), germinação após o envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e germinação após o envelhecimento acelerado com água salina (EAAS) de quatro lotes de sementes de <i>Moringa oleifera</i>	13
3	
Tabela 2. Teor de água das sementes antes (TA) e após o envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e envelhecimento acelerado com água salina (EAAS) de quatro lotes de sementes de <i>Moringa oleifera</i>	14
Tabela 3. Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz primária (CRP) da plântula total (CPT), índices de uniformidade (IU), crescimento (IC) e vigor (IV) de quatro lotes de sementes de <i>Moringa oleifera</i> utilizando o software SAPL, a partir de plântulas obtidas pelo teste de germinação, pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional e pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl, na primeira época de avaliação	15
Tabela 4. Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz primária (CRP) da plântula total (CPT), índices de uniformidade (IU), crescimento (IC) e vigor (IV) de quatro lotes de sementes de <i>Moringa oleifera</i> utilizando o software SAPL, a partir de plântulas obtidas pelo teste de germinação, pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional e pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl, na segunda época de avaliação	16
Tabela 5. Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz primária (CRP) da plântula total (CPT), índices de uniformidade (IU), crescimento (IC) e vigor (IV) de quatro lotes de sementes de <i>Moringa oleifera</i> utilizando o software SAPL, a partir de plântulas obtidas pelo teste de germinação, pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional e pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl, na terceira época de avaliação.....	17

SISTEMA DE ANÁLISE DE PLÂNTULAS (SAPL) NA DETERMINAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE *Moringa oleifera* LAM.

SEEDLING ANALYSIS SYSTEM (SAPL) IN THE DETERMINATION OF *Moringa oleifera* LAM. SEED
VIGOR

RESUMO

A utilização de técnicas que envolvam a análise computadorizada de plântulas na avaliação da qualidade de lotes de sementes tem apresentado alta eficiência. O Sistema de Análise de Plântulas (SAPL) permite efetuar a análise relativamente rápida de plântulas destacam-se por sua precisão e objetividade, em comparação com a maioria dos testes para avaliação rotineira da qualidade das sementes. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência do Sistema de Análise de Plântulas (SAPL) na detecção de diferenças de vigor entre lotes de sementes de moringa, em comparação as informações fornecidas por testes de vigor tradicionalmente utilizados. Para tanto, determinou-se o teor de água das sementes e a sua qualidade fisiológica pelos testes de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, massa seca de plântulas, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado tradicional, envelhecimento acelerado com solução salina e utilizando-se o SAPL. O delineamento foi o inteiramente casualizado com quatro repetições de 30 sementes. Os parâmetros obtidos na análise computadorizada (comprimento da parte aérea, comprimento da raiz primária, comprimento total de plântula, índice de crescimento, índice de uniformidade e índice de vigor) com o software SAPL foram eficientes para diferenciar os lotes de sementes em comparação com os testes tradicionalmente utilizados, não somente entre lotes de baixo e alto vigor, mas também para aqueles de qualidade intermediária.

Palavras-chave: imagem de plântula; germinação; sistema automatizado.

ABSTRACT

The use of techniques involving a computerized analysis of seedlings in the evaluation of seed lots quality has shown a great efficiency. The Seedling Analysis System (SAPL) allows carrying out the relatively fast seedling analysis, standing out its precision and objectivity in comparison to most of the tests used for routine seed quality evaluation. Thus, the aim of this work was to verify the efficiency of SAPL in the detection of vigor differences between moringa seed lots in comparison to information provided by usual vigor tests. Therefore, water content and the physiological quality of seeds by germination test, first count test, germination speed index, emergency speed index, usual accelerated aging test, and accelerated aging test using saline solution were determined, as the use of SAPL. The experimental design was completely randomized using four replicates of 30 seeds. The parameters obtained in the computerized analysis (shoot and primary root lengths, seedling total length, and growth, uniformity, and vigor index) using the SAPL software were efficient to distinguish seed lots in comparison to usual tests, not only among lots showing low and high vigor, but also to those showing intermediate quality.

Key words: seedling image; germination; automated analysis.

INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam. (moringa) vem ganhando destaque, principalmente em regiões semiáridas, por se tratar de espécie que, além de se adaptar bem às condições de restrição hídrica, pode ser utilizada para fins farmacêuticos, alimentação humana e animal, como também em diferentes tipos de indústrias. Apesar da importância econômica da espécie em diferentes partes do mundo, ainda são escassos os estudos relacionados à tecnologia de produção e métodos padronizados para a avaliação da qualidade de suas sementes.

A qualidade da semente é compreendida por quatro atributos: genético, sanitário, físico e fisiológico. A avaliação do potencial fisiológico é fundamental para a qualidade das sementes, pois fornece informações relacionadas à capacidade de desenvolvimento das plântulas sob diferentes condições de ambiente e para a seleção de lotes de sementes para comercialização (MARCOS FILHO, 2015a). Entretanto, com o passar dos anos e o avanço das tecnologias, faz-se necessário o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de novos métodos para determinar o vigor de lotes de sementes, sobretudo que confirmam mais agilidade e rapidez ao processo de avaliação e análise.

Novas técnicas de avaliação da qualidade de sementes podem ser associadas a testes cujas metodologias já são consagradas, conferindo mais rapidez e/ou precisão. Entre os testes utilizados na análise de sementes, pode-se destacar o envelhecimento acelerado, utilizando água, ou o que substitui a água por solução saturada de NaCl, um dos mais tradicionais e eficientes testes para a avaliação do vigor de sementes de várias espécies, em função da sua capacidade de proporcionar informações com alto grau de consistência (BAALBAKI et al., 2009). O envelhecimento acelerado é um teste fundamentado na apropinquação de fatores ambientais adversos como temperatura e umidade relativa elevada, que são relacionados como responsáveis pela deterioração das sementes, sendo esse teste semelhante ao que acontece no envelhecimento natural das sementes, porém, a uma velocidade acelerada, na qual sementes menos vigorosas deterioram-se mais rapidamente do que sementes mais vigorosas, estabelecendo diferenças no potencial fisiológico das sementes analisadas (GUEDES et al., 2009b).

Embora os procedimentos para a realização dos vários testes de vigor estejam estabelecido para grande parte das espécies conhecidas e forneçam dados confiáveis (MARCOS FILHO et al., 2009), uma das deficiências para o aplicação dos testes de vigor está relacionada com o tempo gasto para a execução e a subjetividade da análise (MARCOS FILHO, 2015b). Contudo, técnicas de análises computadorizadas de imagens de plântulas associadas aos testes tradicionais podem minimizar essas limitações, pois destacam-se por sua precisão e objetividade (SAKO et al., 2001; HOFFMASTER et al., 2003), entretanto, é necessário adaptá-las as diferentes espécies vegetais.

Dentre os softwares disponíveis no mercado, destaca-se o Seed Vigor Imaging System (SVIS[®]), criado pela Universidade de Ohio e que tem servido de base para a criação de outros sistemas semelhantes. O software baseia-se na avaliação do vigor de sementes a partir do desempenho de plântulas, mediante a coleta de dados referentes ao comprimento da raiz primária, do hipocótilo e da plântula total (raiz primária e hipocótilo), além da relação raiz/hipocótilo e parâmetros baseados na velocidade e uniformidade de crescimento (SAKO et al., 2001). Esse tipo de análise vem possibilitando a determinação do vigor de várias sementes, como alface (SAKO et al., 2001), mamona (KOBORI et al., 2010), milho (GOMES JUNIOR et al., 2009) e soja (HOFFMASTER et al., 2003), mas são escassos estudos envolvendo sementes de espécies florestais.

A partir do software proposto por Sako et al. (2001), foi desenvolvido o Sistema de Análise de Plântulas (SAPL), que fornece dados do comprimento da parte aérea, raiz primária e total, índices de vigor, de crescimento e de uniformidade da plântula. Os valores do índice de vigor são fundamentados na rapidez e uniformidade de desenvolvimento das plântulas da amostra, em relação ao máximo valor estimado para plântulas com a idade pré-estabelecida na programação do SAPL. A uniformidade é definida com base nos desvios do comprimento de cada plântula, em relação aquele máximo desenvolvido estimado. Dessa maneira, após o processamento das imagens, o software gera automaticamente valores numéricos referentes ao índice de crescimento, à uniformidade e ao vigor. Entre as diferenças do SVIS e o SAPL, pode-se destacar a forma de captação de imagens das plântulas, sendo no primeiro por meio de scanner e no segundo, por fotografias digitais.

O presente estudo teve como objetivo verificar a eficiência do Sistema de Análise de Plântulas (SAPL) na detecção de diferenças de vigor entre lotes de sementes de moringa, em comparação as informações fornecidas por testes de vigor tradicionalmente utilizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se quatro lotes de sementes de moringa cujos frutos foram colhidos manualmente em árvores matrizes isoladas no município de Upanema/RN.

Após a colheita, os frutos foram levados ao laboratório e as sementes retiradas dos mesmos. Procedeu-se a retirada manual das alas e posterior armazenamento em sacos de papel kraft (46 x 21 x 13 cm), os quais foram mantidos em condições ambientais de laboratório ($T = 28 \pm 2^\circ\text{C}$; U.R. = $54 \pm 16\%$) até o momento das avaliações.

A determinação do teor de água das sementes foi realizada pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, utilizando-se para cada lote, duas repetições de 15 sementes acondicionadas em recipientes metálicos, durante 24 horas. Também obteve-se os teores de água das sementes antes e após exposição ao envelhecimento acelerado (tradicional e com solução salina saturada). Os resultados foram expressos pela média aritmética das repetições em porcentagens das amostras (base úmida) (BRASIL, 2009).

A qualidade fisiológica das sementes de cada lote foi avaliada por meio dos testes a seguir:

Teste de germinação e primeira contagem de germinação: quatro repetições de 30 sementes para cada lote foram distribuídas em rolos de papel Germitest[®] umedecidos com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco, acrescida de 2 mL de concentração de nistatina (fungicida) por litro de solução. Os rolos foram colocados em sacos plásticos transparentes (24 x 34 cm), e acondicionados em germinador tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) regulado à temperatura de 30°C por 12 dias. As contagens das sementes

germinadas foram realizadas no sétimo (primeira contagem) e no 12º dia (germinação) após a instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com as recomendações para a espécie, sugeridas por Bezerra et al. (2004).

Velocidade de germinação: obtida a partir da fórmula proposta por Maguire (1962) para o cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG) e conduzido junto com o teste de germinação com contagem diária do número de sementes que emitiram raiz primária igual ou superior a 1 mm.

Massa seca da plântula (MS): quatro repetições de dez plântulas obtidas do teste de germinação de cada lote foram pesadas e colocadas em sacos de papel (40 x 60 cm) e levadas à estufa regulada a 105 °C por 24 horas, logo após, foram colocadas para resfriar e pesadas em balança de precisão 0,001 g, determinando-se o peso da massa seca total (mg/plântula^{-1}) (NAKAGAWA, 1999).

Emergência de plântulas: foi conduzido em casa de vegetação com quatro repetições de 30 sementes para cada lote, distribuídas em bandejas plásticas (15 x 21 x 5 cm) contendo areia fina (0,2 mm). A porcentagem de emergência de plântulas foi determinada aos 14 dias após a semeadura.

Velocidade de emergência: realizado concomitante ao teste de emergência e determinado a partir da contagem diária do número de plântulas emergidas, sendo o índice de velocidade de emergência (IVE) calculado de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Envelhecimento acelerado tradicional (EAT): uma camada de sementes foi distribuída sobre uma tela de metal acoplada em uma caixa plástica do tipo gerbox (11 x 11 x 3,5 cm) contendo 40 mL de água destilada no fundo. Cada caixa foi coberta e exposta a temperatura de 40 °C por 72 horas em germinadores do tipo B.O.D. (MEDEIROS, 2015); posteriormente, determinou-se o teor de água e as sementes foram submetidas porcentagem de germinação com contagem final aos oito dias.

Envelhecimento acelerado com água salina (EAAS): conduzido de forma semelhante ao procedimento tradicional, porém, com o uso de 40 mL de solução saturada de NaCl (40 g de NaCl em 100 mL de água), em substituição à água destilada (JIANHUA; MCDONALD, 1996).

Análise computadorizada de imagens de plântulas pelo SAPL: trata-se de um sistema automatizado de análise de plântulas, a partir de imagens digitais, desenvolvido na EAJ/UFRN pelo Grupo de Estudos em Tecnologia de Sementes (GETSem) e o Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (TADS). Para as análises, quatro repetições de 20 plântulas de cada lote de sementes provenientes dos testes de germinação, envelhecimento acelerado tradicional e envelhecimento acelerado com solução salina; aos oito, dez e doze dias após a instalação dos testes de germinação, foram submetidas à análise de vigor utilizando-se o SAPL.

Para que as imagens pudessem ser capturadas por meio de fotografia digital, as plântulas de cada repetição foram transferidas do papel Germitest® para um fundo azul, constituído de uma folha de E.V.A. de coloração azul (40 x 60 cm) contendo dez células (5 cm de largura cada) separadas por uma faixa branca. Cada plântula foi colocada em uma célula, e na primeira célula (da direita para a esquerda, colocou-se uma métrica, formada por dois pontos, distantes um centímetro um do outro, além da identificação das plântulas e das repetições (Figura 1).

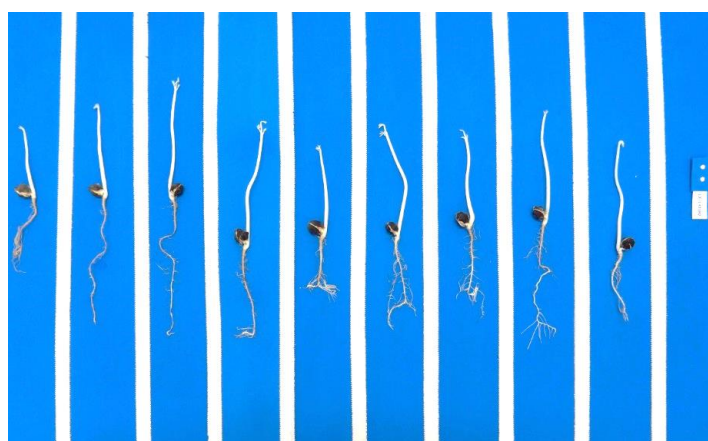


FIGURA 1. Fundo azul de placa de Etil Vinil Acetato (EVA) para captação de imagens com as plântulas a serem analisadas pelo Sistema de análise de plântulas (SAPL).

FIGURE 1. Ethylene Vinyl Acetate (EVA) paper blue background to capitation of seedling images to be analyzed by SAPL.

As imagens foram captadas a partir de uma câmera digital do tipo semiprofissional, modelo Sony Nex-F3 (sensor APS-C HD de 16.1MP, com lentes 18-55mm f/3.5-5.6). Após a captação das imagens, as mesmas

foram transferidas para um computador, utilizando-se o software Play Memories Home Versão 1.2.00.03162 e salvas com a resolução 16.1 MP no formato JPEG. As imagens foram salvas em pastas identificadas para cada repetição. Posteriormente, as imagens foram analisadas utilizando-se o software SAPL, instalado em um computador de modelo HP Compaq Pro 630S SFF, processador AMD A6- 5400B APU WITH Radeon (tm) HD Graphics de 3,60 GHz, 4 GB RAM e HD de 500Gb, Sistema Operacional de 64 Bits, operado pelo sistema Windows 7 Professional.

Ao iniciar o programa, após a tela inicial, selecionou-se a espécie que seria analisada. Em seguida, preencheu-se os valores mínimos, determinados para a espécie, do comprimento da parte aérea e da raiz primária para uma plântula da espécie. Para a moringa, considerou-se como tamanho mínimo de plântula aceitável, 0,4 e 0,2 cm para a parte aérea e para a raiz, respectivamente, de acordo com o sugerido por Rocha (2015). Na mesma tela, preencheu-se o peso do crescimento e da uniformidade no cálculo do índice de vigor, que neste trabalho foram definidos na proporção 70:30 (crescimento:uniformidade), como proposto por Gomes Junior et al. (2009). Depois de registrados esses valores, iniciou-se o carregamento das imagens das plântulas por repetição, e posteriormente, o processamento de cada plântula a ser analisada. Os resultados são automaticamente salvos em um arquivo do tipo Excel e arquivados na pasta correspondente ao lote analisado.

Os arquivos fornecem os resultados da avaliação das plântulas, sendo, comprimento da parte aérea, da raiz primária e da plântula inteira, além dos índices de crescimento (IC), uniformidade (IU) e de vigor (IV), de acordo com os cálculos propostos por Sako et al. (2001), e gerados automaticamente pelo programa.

Delineamento experimental: inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, ao se verificar efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, encontram-se os resultados dos parâmetros relacionados à caracterização fisiológica das sementes de moringa. A germinação, IVG e emergência foram os testes mais precisos na caracterização fisiológica, pois conseguiram ranquear os lotes com maior precisão, sendo que os lotes 1 e 3 apresentaram valores superiores aos demais entretanto, observa-se diferença na classificação da primeira e segunda ordem entre os testes de germinação e IVG com o teste de emergência, entretanto, o lote 4 apresentou o maior nível de deterioração com relação aos demais lotes, com apenas 16,67% de germinação, 46,69% de emergência e o IVG de 1,18. Na PCG e MS, constatou-se que apenas o lote 1 apresentou os maiores valores. No EAAS, o lote 2 apresentou a maior taxa de germinação e os lotes 3 e 4, as menores taxas. O IVE e o EAT foram os testes com menor sensibilidade no ranqueamento dos lotes.

TABELA 1. Germinação (G), primeira contagem (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), massa seca de plântulas em laboratório (MS), emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), germinação após o envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e germinação após o envelhecimento acelerado com água salina (EAAS) de quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera*.

TABLE 1. Germination (G), first count (PCG), germination speed index (IVG), dry weight of seedlings in laboratory (MS), emergence (E), emergence speed index (IVE), germination after traditional accelerated aging (EAT), and germination after accelerated aging using saline water (EAAS) from four lots of *Moringa oleifera* seeds.

Lotes	G (%)	PCG (%)	IVG	MS (mg.pl ⁻¹)	E (%)	IVE	EAT (%)	EAAS (%)
1	76,66 a	12,50 a	4,80 a	165,09 a	63,33 b	2,47 ab	52,50 a	41,67 b
2	32,50 c	3,33 c	2,30 c	154,78 b	55,42 c	2,74 a	26,67 ab	50,00 a
3	56,67 b	6,67 b	3,94 b	138,15 c	66,69 a	2,68 a	45,00 ab	28,34 c
4	16,67 d	3,33 c	1,18 d	155,84 b	46,69 d	1,99 b	20,00 b	29,17 c
F	344,85**	726**	172,84**	38,27**	1824,24**	6,15**	6,15*	53,80**

dms	5,97	2,07	0,51	7,61	0,87	0,57	0,57	5,97
CV (%)	6,24	5,42	8,10	2,36	0,72	11,06	11,05	7,63

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < 0,05$)

^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$)

Estudos realizados por Guedes et al. (2009a) confirmaram que o teste de emergência foi eficiente para determinação do vigor de lotes de sementes de *Erythrina velutina* Willd (mulungu), indicando que este teste é eficiente para a distinção do vigor entre lotes de sementes, como ocorreu no presente trabalho.

O teste de emergência em campo é um indicativo da eficiência dos testes para avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes, pois na sua realização devem ser fornecidas às sementes condições que simulem aquelas que as mesmas encontrarão por ocasião da semeadura em campo (MARCOS FILHO, 2015a).

De acordo com Baalbaki et al. (2009), o teste de envelhecimento acelerado com solução saturada de NaCl, é um dos mais eficientes para determinar o vigor entre os lotes. Neste trabalho, as sementes de *Moringa oleifera* apresentaram redução na qualidade fisiológica quando as sementes foram submetidas ao envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina de NaCl, provavelmente devido aos danos causados na permeabilidade da membrana celular (Tabela 1). Vieira e Carvalho (1994) afirmam que as alterações no metabolismo, nos solutos e na troca de água entre as células e o ambiente externo são modificações degenerativas que indicam a perda de viabilidade da semente. Resultados semelhantes foram obtidos com sementes da *Chorisia speciosa* St. Hil. (paineira) (FANTI; PEREZ, 2005), *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (coração-negro) (PONTES et al., 2006) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha) (PACHECO et al., 2011).

Na Tabela 2, são apresentados os teores de água das sementes antes e após exposição ao envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e envelhecimento acelerado com água salina (EAAS). A uniformização do teor de água das sementes é essencial para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (SILVA; CICERO, 2014). Os valores dos teores de água não foram avaliados estatisticamente, sendo utilizados apenas para a caracterização inicial e controle dos lotes após a realização dos testes de envelhecimento acelerado tradicional e com NaCl. Observou-se aumento do teor de água das sementes em função do envelhecimento acelerado, seja pelo método tradicional ou com água salina. O aumento excessivo de água nas sementes pode provocar danos, ocasionando, por exemplo, um processo de deterioração mais precoce, ou mesmo o favorecimento e o desenvolvimento de patógenos, acarretando perda do poder germinativo e do vigor das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

TABELA 2. Teor de água das sementes antes (TA) e após o envelhecimento acelerado tradicional (EAT) e envelhecimento acelerado com água salina (EAAS) de quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera*.

TABLE 2. Seed water content before (TA) and after traditional accelerated aging (EAT), and seed water content before and after accelerated aging using saline water (EAAS) from four lots of *Moringa oleifera* seeds.

Lotes	TA (%)	EAT (%)	EAAS (%)
1	7,28	22,01	8,12
2	7,48	30,58	5,15
3	7,60	24,97	12,76
4	7,40	29,55	8,24

Os resultados da avaliação das plântulas obtidas após o oitavo, décimo e décimo segundo dia após a instalação do teste de germinação, do teste de envelhecimento acelerado tradicional e do teste de envelhecimento com solução salina, analisadas pelo SAPL estão apresentados na Tabela 3, 4 e 5, respectivamente.

TABELA 3. Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz primária (CRP) da plântula total (CPT), índices de uniformidade (IU), crescimento (IC) e vigor (IV) de quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera* utilizando o software SAPL, a partir de plântulas obtidas pelo teste de germinação, pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional e pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl, na primeira época de avaliação.

TABLE 3. Length of shoot (CPA), first root (CRP), total seedling (CPT); index of uniformity (IU), growth (IC), and vigor (IV) from four lots of *Moringa oleifera* seeds using SAPL software, from seedlings obtained by germination test, germination test from seeds submitted to traditional accelerated aging, and from seeds submitted to accelerated aging using NaCl saline water, at the first time of evaluation.

Teste de germinação						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
cm						
1	4,27 a	7,21 a	11,49 a	850,89 b	461,30 a	578,18 a
2	3,30 c	4,81 b	8,11 b	896,33 ab	325,20 c	496,54 b
3	3,34 bc	5,34 b	8,32 b	911,31 a	408,00 ab	558,99 a
4	4,11 ab	4,52 b	8,64 b	773,42 c	361,28 bc	484,92 b
F	7,20**	20,96**	15,06**	31,95**	18,38**	40,12**
dms	0,79	1,11	1,71	46,02	57,75	30,41
CV %	10,1	9,65	8,91	2,55	7,07	2,73
Teste de envelhecimento acelerado tradicional						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
cm						
1	2,45 b	5,99 a	8,45 a	965,35 a	360,97 a	578,18 a
2	3,09 a	5,51 a	8,62 a	905,08 b	353,40 a	496,54 b
3	1,60 c	2,21 c	3,50 c	969,25 a	172,30 c	558,99 a
4	2,57 b	3,82 b	6,39 b	895,39 c	284,10 b	484,92 b
F	57,28**	195,73**	840,36**	683,41**	419,14**	40,12**
dms	0,33	0,51	0,34	6,25	17,92	30,41
CV %	6,76	5,63	2,44	0,32	2,92	2,73
Teste de envelhecimento acelerado com solução salina						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
cm						
1	4,12 ab	7,75 ab	11,84 ab	848,86 a	489,10 b	597,03 b
2	4,94 a	6,90 b	11,85 ab	792,06 b	457,80 b	558,08 bc
3	4,06 b	9,39 a	13,46 a	850,91 a	606,60 a	679,86 a
4	3,84 b	6,49 b	10,34 b	860,00 a	464,20 b	582,92 b
F	5,96**	6,83**	3,63*	17,35**	7,14**	1266,73**
dms	0,83	2,06	2,80	21,23	10,91	36,40
CV %	9,34	12,86	11,25	1,78	10,30	1,96

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

TABELA 4. Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz primária (CRP) da plântula total (CPT), índices de uniformidade (IU), crescimento (IC) e vigor (IV) de quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera* utilizando o software SAPL, a partir de plântulas obtidas pelo teste de germinação, pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional e pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl, na segunda época de avaliação.

TABLE 4. Length of shoot (CPA), first root (CRP), total seedling (CPT); index of uniformity (IU), growth (IC), and vigor (IV) from four lots of *Moringa oleifera* seeds using SAPL software, from seedlings obtained by germination test, germination test from seeds submitted to traditional accelerated aging, and from seeds submitted to accelerated aging using NaCl saline water, at the second time of evaluation.

Teste de germinação						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
cm						
1	5,27 b	6,92 b	12,19 b	789,88 b	478,10 a	571,63 a
2	4,23 b	5,67 d	9,90 c	835,63 a	389,60 a	523,41 a
3	6,32 a	8,20 a	14,53 a	777,21 bc	419,85 a	527,06 a
4	5,36 b	6,08 c	11,44 b	752,63 c	411,75 a	514,01 a
F	9,16*	275,55**	72,92**	25,58**	1,00 ^{ns}	0,99 ^{ns}
dms	1,36	0,28	0,94	28,91	15,83	107,88
CV %	13,34	2,00	3,75	1,75	17,75	9,62
Teste de envelhecimento acelerado tradicional						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
cm						
1	4,70 b	6,05 a	10,76 ab	808,82 b	403,70 a	525,20 a
2	3,80 b	7,04 a	10,84 ab	874,56 ab	431,50 a	557,56 a
3	6,28 a	6,04 a	12,32 a	690,98 c	459,05 a	528,63 a
4	4,40 b	2,90 b	7,29 b	881,67 a	340,05 a	502,54 a
F	12,15**	5,44*	4,11*	45,91**	1,67 ^{ns}	0,88 ^{ns}
dms	1,36	3,03	4,38	51,88	16,52	100,6
CV %	9,86	26,78	20,34	3,06	19,26	9,07
Teste de envelhecimento acelerado com solução salina						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
cm						
1	5,31 a	7,12 a	12,43 ab	768,25 b	489,10 ab	572,84 a
2	3,80 b	7,04 a	10,84 b	874,56 a	445,73 b	574,37 a
3	5,53 a	7,52 a	13,06 a	756,78 b	514,50 a	587,18 a
4	5,39 a	7,84 a	13,23 a	780,10 b	513,08 a	593,18 a
F	10,1**	3,12 ^{ns}	7,08**	13,86**	4,38*	1,52 ^{ns}
dms	1,06	0,88	1,71	60,83	6,44	33,65
CV %	10,17	5,69	6,6	3,64	6,25	2,75

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

TABELA 5. Comprimento da parte aérea (CPA), da raiz primária (CRP) da plântula total (CPT), índices de uniformidade (IU), crescimento (IC) e vigor (IV) de quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera* utilizando o software SAPL, a partir de plântulas obtidas pelo teste de germinação, pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado tradicional e pelo teste de germinação de sementes submetidas ao teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl, na terceira época de avaliação.

TABLE 5. Length of shoot (CPA), first root (CRP), total seedling (CPT); index of uniformity (IU), growth (IC), and vigor (IV) from four lots of *Moringa oleifera* seeds using SAPL software, from seedlings obtained by germination test, germination test from seeds submitted to traditional accelerated aging, and from seeds submitted to accelerated aging using NaCl saline water, at the third time of evaluation.

Teste de germinação						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
	cm					
1	7,51 a	7,11 a	14,63 a	639,12 bc	414,80 c	482,10 c
2	5,16 b	6,05 b	11,21 b	764,07 a	404,67 c	512,49 b
3	6,10 ab	7,50 a	13,60 a	602,65 c	632,13 a	623,29 a
4	6,10 ab	6,04 b	12,15 b	676,55 b	467,80 b	530,42 b
F	8,25**	11,7**	20,34**	30,23**	294,64**	740,09**
dms	1,41	0,91	1,41	52,87	2,57	25,68
CV %	10,86	6,53	5,21	3,75	2,55	3,54
Teste de envelhecimento acelerado tradicional						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
	cm					
1	6,47 a	9,01 a	15,48 a	720,95 c	612,5 a	645,01 a
2	3,59 d	7,58 b	11,18 b	886,39 a	327,2 c	494,96 c
3	5,91 b	5,13 c	11,04 b	646,21d	450,1 b	508,91 b
4	4,97 c	2,94 d	7,92 c	738,19 b	268,4 d	409,34 d
F	356,98**	1434,44**	932,24**	1420,21**	1188,79**	1645,41**
dms	0,27	0,29	0,42	11,2	1,86	12,85
CV %	2,54	2,3	1,78	0,71	2,17	0,83
Teste de envelhecimento acelerado com solução salina						
Lote	CPA	CRP	CPT	IU	IC	IV
	cm					
1	5,98 a	6,97 b	12,96 a	721,69 ab	559,03 a	607,83 a
2	5,21 ab	8,35 a	13,54 a	790,09 ab	547,98 a	620,61 a
3	5,97 a	6,78 b	12,75 a	708,09 b	502,23 ab	563,99 b
4	4,59 b	6,48 b	11,72 a	793,53 a	474,97 b	569,84 b
F	4,49*	7,25**	1,82 ^{ns}	4,87*	6,65**	23,87**
dms	1,32	1,29	2,36	85,28	6,46	23,99
CV %	11,64	8,62	8,82	5,38	5,91	1,93

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Para as plântulas obtidas no oitavo dia após a instalação do teste de germinação (Tabela 3), o comprimento da parte aérea (CPA) nos lotes 1 e 4 apresentaram os maiores comprimentos em relação aos demais lotes. Para o

comprimento da raiz primária (CRP) e da plântula total (CPT) verificou-se que o ranqueamento dos lotes ocorreu de forma semelhante, observando-se superioridade para o lote 1 em relação aos demais lotes. Para o índice de uniformidade (IU) constatou-se superioridade do lote 3 em relação aos demais lotes. Para o índice de crescimento (IC) detectou inferioridade dos lotes 2 e 4 em relação aos demais lotes. O índice de vigor (IV) foi o parâmetro com menor sensibilidade, pois só conseguiu ranquear os melhores lotes (lote 1 e 3) e os piores lotes (lote 2 e 4). Nota-se que o lote 1 foi superior na maioria dos parâmetros obtidos no SAPL, a partir de plântulas oriundas do teste de germinação aos oito dias após a sua instalação.

Segundo Nakagawa (1999), o teste de comprimento de plântulas tem como objetivo caracterizar o vigor de lotes de sementes por meio da avaliação do comprimento médio das plântulas normais ou de partes destas, a exemplo da raiz primária e epicótilo, a partir de sementes colocadas para germinar em condições controladas de laboratório, em geral as mesmas empregadas para o teste de germinação. Guedes et al. (2013), em estudos com sementes de *Amburana cearensis* (cumarú), observaram que o comprimento das plântulas também pode ser eficiente quando aplicado para avaliação de plântulas oriundas do teste de emergência em campo.

No teste com sementes de moringa submetidas ao envelhecimento acelerado tradicional analisadas pelo SAPL aos oito dias após a instalação do teste (Tabela 3), observa-se que para todos os comprimentos (CPA, CRP e CPT) e para o IC, a inferioridade do lote 3 em relação aos demais lotes, observa-se uma concordância no ranqueamento do CRP, CPT e o IC. O IU detectou que o lote 4 teve um desempenho inferior aos demais lotes. O IV foi o parâmetro menos sensível para detectar diferença de vigor entre os lotes, pois só conseguiu ranquear os melhores lotes (lote 1 e 3) e os piores lotes (lote 2 e 4).

Para as sementes submetidas ao envelhecimento acelerado com solução de NaCl e analisadas pelo sistema SAPL com oito dias de idade (Tabela 3), observa-se que o CPA dos lotes 1 e 2 apresentaram-se maiores comprimentos, entretanto, nos lotes 1 e 3 observaram-se maiores comprimentos no CRP. Os lotes 1, 2 e 3 apresentaram-se maiores comprimentos no parâmetro CPT. O lote 2 apresentou inferioridade quando analisado pelo IU em relação aos demais lotes. O lote 3 apresentou superioridade quando analisado pelo IC e IV. Percebe-se que o lote 3 foi superior na maioria dos parâmetros do teste de envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl com oito dias.

Na Tabela 4, observam-se os resultados da avaliação do potencial fisiológico das sementes de moringa, em plântulas com dez dias após a instalação do teste de germinação e analisadas por meio do software SAPL. Dentre as avaliações, nota-se que o CRP foi a variável mais sensível, pois conseguiu diferenciar todos os lotes. O lote 3, em todos os comprimentos analisados (CPA, CRP e CPT) apresentou crescimentos superiores quando comparado com os outros lotes. Quando avaliado o IU notou-se que o lote 2 apresentou maior índice em relação aos demais lotes. O IC e o IV não conseguiu apresentar diferenças entre os lotes.

Em relação a moringa, o desenvolvimento de plântula com sistema radicular mais acentuado, oriundos de sementes mais vigorosas pode ser uma característica favorável na adaptação e sobrevivência da espécie, quando esta iniciar o processo de crescimento, visto que haverá maior velocidade nos processos metabólicos, propiciando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária, de modo que um sistema radicular mais vigoroso será eficaz para absorção de água e nutrientes, e com maiores taxas de crescimento e produção (ROCHA et al., 2016).

As taxas de comprimento de plântulas de *Eucalyptus* via scanner de tela plana, auxiliada por software analítico *Scion Image*, também permitiram medições precisas do comprimento de raízes (DORNELAS; LOBO; VIEIRA, 2005).

Quando se avaliou o vigor de sementes de moringa submetidas ao envelhecimento acelerado tradicional analisadas pelo SAPL com dez dias após a instalação do teste de germinação posterior ao envelhecimento (Tabela 4), observou-se que o CPA do lote 3 diferenciou-se dos demais lotes, sendo o lote com maior comprimento da parte aérea. O CRP expressou pouca sensibilidade na diferenciação dos lotes, destacando apenas inferioridade do lote 4 com os demais lotes. Os maiores comprimentos no CPT foi dos lotes 1, 2 e 3. O lote 3 expressou menor índice de uniformidade (IU). Para os IC e IV não foram detectadas diferenças estatísticas entre os lotes testados.

Sementes de moringa submetidas ao envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl, analisadas pelo sistema SAPL com dez dias de idade (Tabela 4), acusaram inferioridade do lote 2 para o CPA quando comparado com aos demais lotes. O CRP e o IV não apresentaram diferenças significativas entre os lotes. Para o CPT e IC observou-se uma semelhança no ranqueamentos, onde os lotes 1 e 2 apresentaram os menores comprimentos e índices. Entretanto, no IU o lote 2 se diferenciou dos demais lotes pois o apresentou valor superior.

A análise computadorizada pelo SAPL, naquelas condições testadas e cujos resultados se encontram na Tabela 4, não detectou diferenças significativas nos índices de vigor (IV), tanto para germinação, envelhecimento acelerado tradicional e com solução salina. Estudos realizados por Marcos Filho et al. (2009) sobre os métodos para avaliação de vigor incluindo análise computadorizada de imagens atestaram que o índice de vigor pode ser

ineficiente ao determinar o vigor de sementes de soja, pois um conjunto de condições devem favorecer a expressão do vigor e sua captação pelos sistemas automatizados.

Os resultados da avaliação das plântulas obtidas ao décimo segundo dia após a instalação do teste de germinação pelo método tradicional e analisadas pelo SAPL estão apresentados na Tabela 5. O CPA apresentou os lotes 1, 3 e 4 como os maiores comprimentos. O ranqueamento dos lotes foi semelhante para o CRP e o CPT, nos quais os lotes de maiores comprimentos foram os lotes 1 e 3 e os de menores comprimentos foram os lotes 2 e 4. Para o IU o lote 2 foi o que apresentou maior uniformidade de desenvolvimento em relação aos demais lotes. Quando analisados o IC e o IV observou-se que o lote 3 apresentou resultados superiores sobre os demais lotes. Mediante as análises de plântulas obtidas pelo teste de germinação no décimo segundo dia, verificou-se superioridade do lote 3 quando comparado aos demais lotes.

A utilização do índice de crescimento também foi eficaz para a avaliação do vigor de sementes de *Impatiens wallerana* (beijo-turco) (OAKLEY et al., 2003), em um sistema de análise computadorizada de imagens de plântulas semelhante ao SAPL. Segundo aqueles autores, a avaliação do crescimento de plântulas após a germinação pode ser considerado um teste de vigor significativo. Há um fundamento de que o crescimento das plântulas diminui com o aumento da deterioração das sementes, e que os lotes de sementes mais vigorosas devem deteriorar-se de modo mais lento que as menos vigorosas (SILVA; CICERO, 2014).

No teste com semente de moringa submetidas ao envelhecimento acelerado tradicional analisadas pelo SAPL com doze dias após a instalação do teste (Tabela 5), observa-se uma exatidão no ranqueamento na avaliação do CPA, CRP, IU, IC e IV. O lote 1 foi superior na maioria das avaliações (CPA, CRP, CPT, IC e IV). O lote 2 foi o que possuiu maior índice de uniformidade (IU) em relação aos outros lotes. O envelhecimento acelerado tradicional na terceira época de avaliação, novamente foi o teste que apresentou maior sensibilidade no ranqueamento dos lotes, e constatou-se relação entre o ranqueamento dos lotes das sementes analisadas pelo SAPL, nos parâmetros de índice de crescimento (IC) e o índice de vigor (IV), com os testes tradicionais relacionados à caracterização fisiológica, nos parâmetros de porcentagem de germinação e o IVG (Tabela 1), destacando-se com o maior poder discriminatório dos lotes, indicando os lotes com comportamento superior (lote 1), intermediários (lote 2 e 3) e inferior (lote 4).

Estudos realizados com sementes *Tabernaemontana hystrix* (leiteira) (MORAES et al., 2016) e *Poincianella pyramidalis* (catingueira) (LIMA et al., 2014) destacaram eficiência do envelhecimento acelerado tradicional, e pouca sensibilidade do envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl para avaliar o vigor de sementes. Entretanto, estudos com sementes de espécies agrárias de *Capsicum annuum* L. (pimentão) (PANOBIANCO; MARCOS FILHO, 1998) e de *Brassica oleracea* L. (couve-brócolos) (MARTINS et al., 2002), observaram que testes usando o envelhecimento acelerado (41°C por 72 h) com solução salina foram mais eficazes na detecção de diferenças de qualidade de lotes que o envelhecimento acelerado tradicional. Contudo, em estudo com sementes de *Bixa orellana* L. (urucum) o envelhecimento acelerado, com água ou solução salina por 72 horas ou 96 horas, foram eficientes para ranquear o vigor (FERREIRA; NOVENBRE, 2016).

Segundo Bennett (2002), a determinação do índice de vigor, quando bem conduzida, expressa sensibilidade para caracterizar o aspecto fisiológico da qualidade de sementes, fornecendo resposta consistente com o ranqueamento dos lotes para muitas espécies.

Os resultados dos estudos com semente de moringa submetidas ao envelhecimento acelerado com solução salina de NaCl analisadas pelo SAPL com doze dias (Tabela 5), acusaram inferioridade no CPA dos lotes 2 e 4. Entretanto, quando analisado o CRP percebe-se que o lote 2 apresentou desempenho superior aos demais lotes. No parâmetro CPT não detectou diferenças estatísticas entre os lotes. O IU destacou-se os lotes 1, 2 e 4 com os maiores índices. O IC destacou-se os lotes 3 e 4 com os menores índices. O IV apresentou pouca sensibilidade para diferenciação do vigor, pois só conseguiu ranquear os melhores lotes (lote 1 e 3) e os piores lotes (lote 2 e 4).

Os resultados obtidos para o comprimento aos 10 (Tabela 4) e 12 (Tabela 4) dias de quatro lotes de sementes de *Moringa oleifera* utilizando o software SAPL, a partir de plântulas obtidas pelo teste de germinação SAPL e pelo método tradicional (Tabelas 1) corroboram com o estudo de Dan et al. (1987), o qual afirmaram que as sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento, em função da maior capacidade de transformação do suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento e da maior incorporação destes pelo eixo embrionário. Desta forma, as amostras com maiores valores de comprimento médio de plântulas normais ou das partes destas, são consideradas mais vigorosas, como é o caso dos lotes 1 e 3.

Os maiores índices de velocidade de germinação (Tabela 1) obtidos neste estudo estão relacionados com os maiores comprimento de plântulas. Esta relação amplia a possibilidade de sucesso durante o estabelecimento da plântula, visto que o crescimento rápido, tanto da raiz primária quanto da parte aérea, viabiliza o aproveitamento mais rápido das reservas hídricas e nutricionais do solo, bem como melhor desenvolvimento dos

processos fisiológicos. As plântulas com maiores índices de velocidade de emergência inicia o processo fotossintético mais rapidamente, mantendo os maiores comprimentos também ao longo do período de desenvolvimento, devido ao maior tamanho inicial que as de menor vigor, o que de fato é fundamental para produção de mudas (SCHUCH; NEDEL; ASSIS, 1999), que corrobora os resultados obtidos no presente trabalho. O comprimento das plântulas foi também o método mais sensível para diferenciar lotes de sementes de *Amburana cearensis* (cumaru) (GUEDES et al., 2015), bem como o uso dos testes de comprimento de plântulas e de emergência em campo também foram indicados por Guedes et al. (2009a) como viáveis para separação de lotes de sementes da espécie florestal *Erythrina velutina* Willd (mulungu).

Há uma tendência consistente, a partir dos resultados obtidos neste trabalho, para a maioria dos testes de classificação dos níveis de vigor de sementes, incluindo com o uso do SAPL, e de modo destacado os testes de germinação, índice de velocidade de germinação, primeira contagem, massa seca, de que o lote 1 foi o classificado como o mais vigoroso.

Com o uso do software SAPL, o envelhecimento acelerado tradicional foi o teste que apresentou melhores resultados para o ranqueamento de lotes de sementes de moringa, de acordo com sua qualidade fisiológica, especialmente para o comprimento da parte aérea, da raiz primária, da plântula total e o índice de uniformidade.

CONCLUSÃO

O software SAPL mostrou-se eficiente para avaliar a qualidade de sementes de moringa, em comparação aos testes tradicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAALBAKI, R. et al. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca: Association of Official Seed Analysts, 2009. 341p.
- BENNETT, M. A. Saturated salt accelerated aging (SSAA) and other vigor tests for vegetable seeds. In: Proceedings international seed seminar: Trade, production and technology. Santiago-Chile: PUC de Chile. 2002, p. 188-193.
- BEZERRA, A. M. E. et al. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 295-299, 2004.
- 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, 398p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. (Ed.) **Sementes: ciências, tecnologia e produção**. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E. P. Transferência de matéria seca como modo de avaliação do vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n.3, p. 45-55, 1987.
- DORNELAS, M. C.; LOBO, C. A.; VIEIRA, I. G. Evaluation of *Eucalyptus* spp. seedling size following germination using computer-aided analysis of digital images. **Scientia Forestalis**. Picaracicaba, v. 2, n. 68, p. 125-130, 2005.
- FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do envelhecimento precoce no vigor de sementes de *Chorisia speciosa* St. Hil. – Bombacaceae. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 345-352, 2005.
- GOMES JUNIOR, F.G. et al. Evaluation of priming effects on sweet corn seeds by SVIS. **Seed Technology**, Lincoln, v. 31, n. 1, p. 95-100, 2009.
- GUEDES, R. S. et al. Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina* Willd. (Fabaceae - Papilionoideae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1360-1365, 2009a.
- GUEDES, R. S. et al. Resposta fisiológica de sementes de *Erythrina velutina* Willd. ao envelhecimento acelerado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 323-330, 2009b.
- GUEDES, R. S. et al. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Bioscience Jornal**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 859-866, 2013.
- GUEDES, R. S.; ALVES, et al. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2373-2382, 2015.
- HOFFMASTER, A. L. et al. An automated system for vigour testing three-day-old soybean seedling. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 33, n. 1, p. 701-713, 2003.

- JIANHUA, Z.; MCDONALD, M.B. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 25, n. 1, p. 123-131, 1996.
- KOBORI, N. N. et al. Effects of gamma radiation on physiological and phytosanitary qualities of Brazilian Castor Bean seeds, *Ricinus communis* (cv. IAC Guarani). **Research Journal of Seed Science**, New York, v. 3, n. 2, p. 70-81, 2010.
- 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**. Londrina, PR: ABRATES, 2015a, 659p.
- MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015b.
- MARCOS FILHO, J. et al. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.
- MEDEIROS, M. L. S. **Testes para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Unidade Acadêmica Especializada Em Ciências Agrárias - UECIA. Pós-Graduação Em Ciências Florestais. Macaíba, RN, 2015.
- NAKAGAWA, J. Teste de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. Teste de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49-85.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1-2.24.
- OAKLEY, K. et al. Computeraided digital image analysis of seedling size and growth rate for assessing seed vigour in *Impatiens*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, n. 3, p. 907-915, 2003.
- PACHECO; M. V. et al. Physiological quality evaluation of the radii *Schinus terebinthifolius* seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 762-767, 2011.
- PONTES, C. A. et al. Influência da temperatura de armazenamento na qualidade das sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (sibipiruna). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 43-48, 2006.
- ROCHA, T. G. F. **Qualidade fisiológica de sementes e plântulas de *Moringa oleifera* LAM. por meio da técnica de análise de imagens**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Unidade Acadêmica Especializada Em Ciências Agrárias - UECIA. Pós-Graduação Em Ciências Florestais. Macaíba, RN, 2015.
- ROCHA, T. G. F. et al. Vigor de sementes de moringa pelo teste de emissão da raiz primária. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 10, n. 5, p. 63-68, 2016.
- SAKO, J. F. et al. A system for automated seed vigor assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.
- SAS Institute. **Statistical Analysis System: getting started with the SAS learning**. Cary, 2000. 81p.
- SILVA, V. N.; CICERO, S. M. Image seedling analysis to evaluate tomato seed physiological potential. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 327-334, 2014.
- SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.