

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LAURA MARTINS VINHAIS**

**USO DA ANÁLISE DE IMAGENS PARA DETERMINAÇÃO DE  
DIFERENTES ÍNDICES DE VIGOR EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES DE  
SEMENTES DE SOJA**

**UBERLÂNDIA-MG  
2021**

**LAURA MARTINS VINHAIS**

**USO DA ANÁLISE DE IMAGENS PARA DETERMINAÇÃO DE  
DIFERENTES ÍNDICES DE VIGOR EM FUNÇÃO DAS POSIÇÕES DE  
SEMENTES DE SOJA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Agronomia, da Universidade Federal  
de Uberlândia, para obtenção do grau de  
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Hugo Cesar R. M. Catão

Coorientador: Adílio de Sá Júnior

**UBERLÂNDIA-MG  
2021**

**LAURA MARTINS VINHAIS**

Banca de avaliação:

---

Prof. Dr. Hugo Cesar Rodrigues Moreira Catão  
(Orientador)

---

Dr. Adílio de Sá Junior

---

Me. Flávia de Oliveira Borges Costa Neves

**UBERLÂNDIA-MG**

**2021**

## RESUMO

Investimentos em tecnologias são necessários, principalmente no que diz respeito à qualidade das sementes. Testes baseados no desempenho de plântulas a exemplo do teste de comprimento são demorados, morosos para serem realizados, além de apresentarem subjetividade das análises. Esses testes demandam de muita experiência do analista sendo que o mesmo não consegue realizar muitas análises diárias devido o cansaço excessivo. Assim a análise computadorizada de imagens pode ser tornar uma alternativa. Diante o exposto, objetivou-se verificar a eficácia da análise computadorizada de imagens na determinação do comprimento de plântulas de soja em função do vigor e posição das sementes. O experimento foi realizado nos Laboratório de Sementes (LASEM) da Universidade Federal de Uberlândia e na Qualiteste Soluções Agronômicas LTDA. Foram utilizados três lotes de sementes de soja da cultivar Brasmax - Desafio com três níveis de vigor. Inicialmente foi realizada a caracterização dos lotes de sementes por meio dos testes: teor de água, peso de mil sementes, germinação e condutividade elétrica. O teste de comprimento de plântula foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 (níveis de vigor x posição de sementes) com 4 repetições, totalizando 36 parcelas. O delineamento foi inteiramente casualizado. O Sistema Automatizado de Análise de Vigor de Sementes (Vigor-S) é eficiente na avaliação do teste de comprimento de plântulas em função do vigor e posição das sementes. A posição e o vigor das sementes tem influência no teste de comprimento de plântulas. Por meio da avaliação do Vigor-S a posição com a radícula voltada para baixo com a micrópila posicionada em direção a dobradura do papel é uma alternativa viável para os testes de vigor de sementes baseados no comprimento de plântulas.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; vigor de sementes; desempenho de plântulas; análise de imagens.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merr.] é uma leguminosa de grande importância mundial, contém características nutricionais, adaptabilidade as diferentes latitudes, solos e condições edafoclimáticas. No Brasil estima-se uma área para o exercício de 2020/2021 de 38,2 milhões de hectares semeadas, e produção 134,45 milhões de toneladas (CONAB, 2020). Dentre as tecnologias usadas na cultura da soja, a semente é a matéria prima de extrema importância e que merece atenção especial). E para aumentar as chances de sucesso da cultura, a utilização de sementes com alto potencial fisiológico, torna-se preponderante para o estabelecimento das lavouras.

Para a avaliação da qualidade de sementes diversos testes são empregados afim de determinar seu potencial fisiológico. Os testes de vigor têm sido utilizados principalmente para identificar diferenças associadas ao desempenho de lotes de sementes durante o armazenamento ou após a semeadura, procurando destacar lotes com maior eficiência para o estabelecimento do estande sob ampla variação das condições de ambiente (MARCOS FILHO et al., 2009).

Os testes de vigor são divididos em métodos diretos e indiretos. Os diretos são aqueles que as sementes são submetidas a condições adversas, na tentativa de simular o campo; quando os indiretos procuram avaliar características específicas (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Dessa maneira, vários testes têm sido recomendados para a avaliação do vigor de sementes de soja, destacando-se os de envelhecimento acelerado, tetrazólio, condutividade elétrica, crescimento de plântulas, classificação do vigor de plântulas (VIEIRA et al., 2003).

Para a determinação do comprimento de plântulas, Silva e Gomes Júnior (2014), relataram um novo software para a avaliação automatizada do vigor de sementes de soja, chamado “Vigor-S”. Esse software permite a determinação do índice de vigor e do comprimento de plântulas de soja com grande rapidez e precisão. Além disso, os sistemas que utilizam análise de imagens computadorizadas que têm a vantagem de eliminar possíveis erros cometidos por humanos. (GOMES JUNIOR; CHAMMA, 2008). Dessa maneira, o tempo gasto para a realização da avaliação manual seria reduzido, bem como eliminaria a subjetividade do teste, podendo constituir-se em um avanço significativo rumo à padronização da metodologia (MARCOS FILHO et al., 2009). No método tradicional de avaliação do vigor com base no crescimento de plântulas consiste em medir o comprimento de cada plântula

presente no lote germinado com auxílio de uma régua graduada em milímetros, sendo assim um processo demorado e subjetivo (LIMA et al., 2014).

Alguns fatores podem influenciar nesse teste, como o vigor e posição das sementes. Para Bewley e Black (1994) sementes que apresentam baixo vigor apresentam metabolismo, síntese de RNA e proteínas comprometidos, reduzindo a taxa de crescimento. Já as sementes de alto vigor possuem maior capacidade de metabolização e suprimento de reservas, gerando plântulas com taxa de crescimento acelerado (DAN et al., 1987). O outro fator que pode influenciar é a posição do hilo das sementes de soja durante a realização do teste, pois dependendo da posição que a micropila se encontre com relação ao papel, pode implicar em maior gasto de energia durante o processo de emissão da parte aérea, interferindo nos resultados.

Para a montagem do teste de vigor baseado no crescimento de plântulas Krzyzanowski, Vieira e França Neto (1999) recomendaram colocar as sementes no substrato, direcionando a ponta da radícula para baixo; assim semente de soja deve ter a micropila posicionada para a parte inferior do papel. Um dos pontos negativos desse teste é a morosidade e demora para posicionar as sementes precisamente da maneira como as metodologias recomendam, além da semente se movimentar durante o processo de montagem a tirando da posição ideal. (SANTANA, 2019). Diante o exposto, objetivou-se verificar a eficácia da análise computadorizada de imagens na determinação do comprimento de plântulas de soja em função do vigor e posição das sementes.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Sementes (LASEM) do Instituto de Ciências Agrárias pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. Foram utilizados três lotes de sementes de soja da safra 2020 da cultivar BRASMAX – DESAFIO, com diferentes níveis de vigor: alto, médio e baixo, respectivamente. Primeiramente, foi realizada a caracterização inicial da qualidade fisiológica das sementes, por meio dos testes:

*Teor de água:* realizado pelo método da estufa a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ , utilizando-se duas sub amostras com 5g de sementes cada, conforme Regras para Análises de sementes – RAS (Brasil, 2009).

*Peso de mil sementes:* determinado por meio da utilização de 8 repetições de 100 sementes, conforme Regras para Análises de sementes – RAS (Brasil, 2009).

*Teste Germinação:* foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada lote, distribuídas uniformemente sobre duas folhas de papel para germinação, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e colocadas para germinar em germinador tipo Mangelsdorf a  $25^{\circ}\text{C}$ , com fotoperíodo de 12 horas de luz, com contagens realizadas aos oito dias após a semeadura (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

*Condutividade elétrica:* conduzido com quatro repetições de 50 sementes, as quais foram pesadas, colocadas em copo plástico descartável (capacidade de 200 mL) contendo 75 mL de água deionizada por período de 24 horas a  $25^{\circ}\text{C}$ . Após, o período de embebição a leitura foi realizada com condutivímetro MCA 150, com eletrodo constante 1, cujos os dados foram expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  de semente conforme metodologia proposta por Vieira e Krzyzanowski (1999).

*Massa seca:* realizado por meio da secagem das plântulas obtidas do teste de germinação. As plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar até peso constante que ocorreu com 72 horas em estufa com circulação forçada de ar previamente regulada a  $65^{\circ}\text{C}$ . Ao término da secagem, os materiais foram resfriados em dessecador e pesados em balança analítica com precisão de 0,001 g (NAKAGAWA, 1999).

Para o teste de comprimento de plântulas foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x3 (níveis de vigor x posições) com 4 repetições, totalizando 36 parcelas. As sementes foram submetidas a três posições: posição 1-recomendada por Marcos Filho et al. (1987) com a ponta da radícula voltada para baixo em

direção a dobradura do papel e com a micrópila voltada para uma das laterais; posição 2- com ponta da radícula voltada para uma das laterais do papel com micrópila oposta a dobradura e a posição 3- com a radícula voltada para baixo com a micrópila posicionada em direção a dobradura do papel.

Os testes foram montados em rolos de papel para germinação, umedecidos com água destilada com volume igual a 2,5 vezes o peso seco do papel, com duas folhas abaixo da semente e uma acima, conforme descrito na metodologia. Foram colocadas 20 sementes de cada tratamento distribuídas em duas fileiras intercaladas entre si. A distância entre as duas fileiras foi de 5 cm e as sementes foram dispostas de maneira alternada para que as plântulas não interferissem no crescimento da outra. Após a montagem, os rolos foram acondicionados dentro de uma caixa plástica, com angulação próxima da vertical (75° a 85° em relação à horizontal) para melhor incidência da luz, em germinador tipo Mangelsdorf e permaneceram sob temperatura de 25°C, durante 3 dias (Figura 1).



**Figura 1:** Montagem do experimento de acordo com o posicionamento das sementes e distribuição no germinador. Fonte: Vinhais, 2021.

Após a incubação foram avaliados o comprimento total (CT), o comprimento do hipocótilo (CH), o comprimento de raiz (CR), o comprimento médio das plântulas (CM), o índice de vigor (calculado com base na rapidez e uniformidade de desenvolvimento das plântulas da amostra, em relação ao máximo valor estimado para plântulas com idade pré-estabelecidas na programação do software), o crescimento (calculado com base no tamanho de cada plântula da amostra), a uniformidade (calculada com base nos desvios do

comprimento de cada plântula da amostra) e a germinação de maneira automatizada por meio do software Vigor-S.

Para a realização da avaliação por imagens, foi concedido pela empresa Qualiteste Análises Agronômicas LTDA., todo o equipamento e espaço necessário. Inicialmente foi realizado o ajuste dos parâmetros na interface inicial do software para calcular o índice de crescimento e atribuir uma porcentagem de contribuição das variáveis para estimar o índice de vigor (Crescimento e Uniformidade). Foram utilizados os valores de cada parâmetro conforme a Figura 2.

Contribuição nos Cálculos	
<b>Cálculo do Vigor</b>	
Crescimento	70,0 %
Uniformidade	30,0 %
<b>Cálculo do Crescimento</b>	
Hipocótilo/Plúmula	10,0 %
Raiz Primária	90,0 %

**Figura 2.** Painel de configurações do Software do Vigor-S para a calibração dos parâmetros avaliados. Fonte: Vinhais, 2021.

Em seguida, as plântulas e sementes de cada replicação foram transferidas do papel de germinação para uma folha de EVA (etileno-acetato de vinila) azul disposta na plataforma interna de uma caixa de metal (60 × 50 × 12 cm), que continha um scanner HP Scanjet 200 montado invertido (Figura 3). As plântulas/sementes foram colocadas com os cotilédones direcionados para a esquerda e raiz para a direita. As imagens foram capturadas com resolução de 300 dpi (obrigatória para o software) e armazenadas em disco rígido em formato JPEG e posteriormente analisadas pelo software Vigor-S.



**Figura 3.** Digitalização das imagens de plântulas de soja. Fonte: Vinhais, 2021.

Na sequência foi aberto o Software Vigor S, com as configurações já previamente determinadas e preenchida a identificação da análise, do analista responsável e a quantidade de sementes utilizadas no teste, conforme a Figura 5.

Identificador de Análise	
Híbrido/Cultivar	S1P3R1
Lote	ALTO
Analista	LAURA
Quantidade de Plântulas	20
OK	

**Figura 5.** Identificação da análise, analista e quantidade de sementes analisadas. Fonte: Vinhais, 2021.

Posteriormente, iniciou-se a análise automática das imagens com o Vigor-S (Figura 6). Ao final, foi disponibilizado pelo programa informações de cada análise, em que as partes das plântulas normais foram marcadas com cores diferentes: sendo azul a parte do hipocótilo e vermelho a raiz primária. Sempre que houvesse a necessidade foram realizadas correções manuais para erros na marcação das estruturas das plântulas.



**Figura 6.** Aspectos gerais da análise de plântulas de soja realizadas com o Software Vigor-S.

Fonte: Vinhais, 2021.

Ao finalizar as análises, exportou-se os dados para planilha do Microsoft Office Excel. Na sequência após as leituras, os hipocótilos, raízes e cotilédones foram seccionados, separados e levados à estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 65°C até peso constante que ocorreu em 72 horas. Após esse período, foi mensurado as massas secas do hipocótilo (MSH), raiz (MSR), cotilédones (MSC) e total de plântulas (MST) utilizando balança de precisão de 0,001g.

Para a análise estatística dos dados foi utilizado o teste F e a análise variância a 5% de probabilidade, e na ocorrência de efeitos significativos as médias foram comparadas pelo teste de Scott- Knott a 5% de significância, utilizando o software SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2011). Os dados de comprimento hipocótilo, comprimento da raiz e comprimento total foram transformados em  $\sqrt{X + 1}$ .

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos da caracterização inicial da qualidade fisiológica das sementes estão apresentados na Tabela 1. É possível verificar que as sementes de soja cada lote possuíam as características desejadas para a realização dos experimentos, ou seja, sementes com alto, médio e baixo vigor, determinados por meio dos teste de germinação, condutividade elétrica e massa seca.

**Tabela 1.** Caracterização inicial de sementes de soja da cultivar BRASMAX Desafio por meio da determinação do teor de água (%), peso de mil sementes (PMS), germinação (%), condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) e massa seca plântulas (g) provenientes de sementes alto, médio e baixo vigor.

Vigor de sementes	Teor de água (%)	PMS (g)	Germinação (%)	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	Massa Seca (g)
Alto	7,31	167	92%	84,00	0,597
Médio	7,37	166	78%	100,20	0,554
Baixo	7,53	155	56%	180,40	0,133

Ocorreu interação significativa entre o Vigor (V) e a Posição (P) das sementes no teste de comprimento de plântulas para todas as variáveis analisadas, com exceção da variável uniformidade, conforme Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância com quadrado médio das variáveis: comprimento do hipocótilo (CH), comprimento de raiz (CR), comprimento total de plântulas (CT), massa seca do hipocótilo (MSH), massa seca de cotilédone (MSC), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) provenientes de sementes de soja com diferentes níveis de vigor em função da posição das sementes no teste de desempenho de plântulas analisadas por análise de imagens computadorizadas (Vigor-S).

FV	GL	CH	CR	CT
Vigor (V)	2	196,96*	616,70*	1497,17*
Posição (P)	2	2,98 <sup>NS</sup>	116,00*	156,32*
V x P	4	6,60*	36,69*	63,99*
Erro	711	1,52	2,74	6,27
CV (%)		25,44	28,03	32,00

  

FV	GL	MSH	MSC	MSR	MST
Vigor (V)	2	0,0069*	1,39*	0,0046*	0,022*
Posição (P)	2	0,000073 <sup>NS</sup>	0,034 <sup>NS</sup>	0,00027*	0,00062 <sup>NS</sup>
V x P	4	0,000834*	0,085**	0,00022*	0,0018*
Erro	711	0,000137	0,030	0,000038	0,00025
CV (%)		20,06	17,50	18,24	17,25

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>NS</sup>: Não significativo.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância com quadrado médio das variáveis: vigor, crescimento, uniformidade, germinação e comprimento médio de plântulas automáticas provenientes de sementes de soja com diferentes níveis de vigor em função da posição das sementes no teste de desempenho de plântulas analisadas por análise de imagens computadorizadas (Vigor-S).

FV	GL	Vigor	Crescimento	Uniformidade	Germinação	Comprimento
Vigor (V)	2	49044,21*	396147,61*	751615,37*	9654,86*	75,33*
Posição (P)	2	58017,20*	74257,37*	28373,75 **	388,19*	8,54*
V x P	4	16390,69*	19969,94*	14098,74 <sup>NS</sup>	240,27*	2,60*
Erro	35	1737,11	1195,81	6249,13	51,62	0,30
CV (%)		12,01	13,61	14,02	11,22	14,75

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* Significativo a 5% de probabilidade; <sup>NS</sup>: Não significativo.

Na Tabela 4 é possível verificar o comprimento de hipocótilo, raiz e comprimento total de plântulas. As sementes de alto vigor obtiveram os melhores resultados em todas as posições independentemente da variável de comprimento analisada.

**Tabela 4.** Comprimento do hipocótilo (CH), comprimento de raiz (CR) e comprimento total de plântulas (CTP) de soja provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor em função da posição das sementes no teste de desempenho de plântulas analisadas por análise de imagens computadorizadas (Vigor-S).

<b>COMPRIMENTO HIPOCÓTILO (cm)</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	2,40 Aa	2,21 Aa	2,19 Aa
Médio	1,70 Bb	1,34 Bb	2,17 Aa
Baixo	0,51 Ca	0,56 Ca	0,42 Ba
C.V. (%)	25,44		
<b>COMPRIMENTO DE RAIZ (cm)</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	3,50 Ab	2,23 Ac	4,18 Aa
Médio	3,42 Aa	1,66 Bb	3,86 Aa
Baixo	0,51 Ba	0,36 Ca	0,26 Ba
C.V. (%)	28,03		
<b>COMPRIMENTO TOTAL DE PLÂNTULA (cm)</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	5,90 Aa	4,45 Ab	6,37 Aa
Médio	5,13 Ab	3,00 Bc	6,04 Aa
Baixo	1,02 Ba	0,92 Ca	0,68 Ba
C.V. (%)	32,00		

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

Entretanto, vale ressaltar que na posição 3 as sementes de alto e médio vigor foram iguais estatisticamente quando analisado o comprimento do hipocótilo, raiz e total. Na

posição 1 as sementes de médio e alto vigor, não diferiram para o comprimento de raiz e total de plântulas. As sementes com médio vigor apresentaram maior CH e CTP na posição 3. Para o CR as sementes de médio vigor apresentaram maior comprimento de raiz tanto na posição 1 quanto na posição 3. As sementes de alto vigor apresentaram maiores comprimento de plântulas (CH, CR e CTP) na posição 3, porém, não houve diferença estatística da posição 1 no CH e CTP.

Segundo Vanzolini e Carvalho (2002), sementes de soja com alto vigor possuem a capacidade de gerar plântulas com maior desenvolvimento, além da sua maior capacidade de transformação e suprimento de reservas (BEWLEY; BLACK, 1994), dessa maneira, observa-se que independente da posição, sementes vigorosas originam plântulas com maior taxa de crescimento. Como era esperado as sementes de baixo vigor apresentaram resultados inferiores em todas as posições para CH, CR e CTP. Isso ocorre, devido ao fato de que, em lotes de sementes com menor vigor, há maior variação na sua composição, e conseqüentemente maior desuniformidade e menor velocidade na emergência (HENNING et al., 2010).

A posição 2 apresentou o menor desempenho para o crescimento das plântulas. Isso se deve ao fato da micrópila estar apontada para cima, o que pode proporcionar um consumo excessivo de energia para a correção do sentido do crescimento da radícula (geotropismo positivo) o que diminui o desempenho fisiológico das sementes e plântulas nessa posição (JESUS, 2019). O comprimento da raiz primária foi relatado como um dos testes de vigor mais sensíveis para detectar diferenças entre lotes de sementes (PEGO et al., 2011). O processo de deterioração da semente das dicotiledôneas começa nas áreas do meristema do eixo embrionário, com a radícula sendo mais sensível do que a plúmula (MARCOS FILHO, 2015).

Na Tabela 5, é possível observar as massas (g) dos cotilédones, hipocótilo e raiz. As posições 1 e 3 não diferiram para as sementes de alto e médio vigor quando avaliadas a MSH, MSC e MST, permitindo maior translocação das reservas para as partes das plântulas. No entanto, ocorreram variações destas variáveis, na qualidade fisiológica das sementes de vigor médio em cada posições.

**Tabela 5.** Massas secas do hipocótilo (MSH), do cotilédones (MSC), raiz (MSR) e total (MST) de plântulas de soja provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor em função da posição das sementes no teste de desempenho de plântulas.

<b>*MASSA SECA HIPOCÓTILO (g)</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	0,0765 Aa	0,075 Aa	0,075 Aa
Médio	0,0682 Ab	0,051 Bb	0,087 Aa
Baixo	0,0334 Ba	0,040 Ba	0,018 Bb
C.V (%)	20,06		
<b>**MASSA SECA COTILÉDONES (g)</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	1,29 Aa	1,24 Aa	1,20 Aa
Médio	1,22 Aa	0,94 Bb	1,23 Aa
Baixo	0,65 Ba	0,73 Ba	0,44 Ba
C.V (%)	17,50		
<b>*MASSA SECA RAIZ (g)</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	0,051 Aa	0,044 Aa	0,055 Aa
Médio	0,040 Bb	0,026 Bc	0,049 Aa
Baixo	0,012 Ca	0,015 Ca	0,008 Ba
C.V (%)	18,24		
<b>*MASSA SECA TOTAL (g)</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	0,1277 Aa	0,1197 Aa	0,1305 Aa
Médio	0,1082 Ab	0,0775 Bc	0,1365 Aa
Baixo	0,0455 Ba	0,0552 Ba	0,027 Ba
C.V (%)	17,25		

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 1% e (\*\*) 5% de probabilidade.

Na posição 1 foi observada diferença entre as massas secas das sementes de alto e médio vigor apenas na massa seca da raiz. A posição 2 apresentou resultados inferiores para todas massas secas analisadas das plântulas provenientes de sementes de médio e baixo vigor. A massa seca das plântulas diminuiu expressivamente com a redução da germinação, demonstrando relação direta do vigor das sementes x desenvolvimento inicial das plântulas (DODE et al., 2013). Sendo assim, Nakagawa (1999) afirmou que comprimentos e massas das sementes são maiores quando estas são consideradas vigorosas.

Quando analisado as sementes de médio vigor a melhor posição para maior disponibilização de MSH, MSR e MST foi na posição 3 e isso se deve ao fato de não haver necessidade de movimentos da radícula para se fixar no substrato, uma vez que a mesma emerge próxima ao hilo (ALMEIDA, 2019). Segundo (SCHUCH et al., 2000) é esperado que as sementes de baixo vigor apresentaram médias inferiores em todas as posições testadas. Em

sementes com baixo vigor pode haver reduções na velocidade de emergência, na produção de biomassa seca e no de crescimento das plantas. Vale ressaltar que a precisão dos dados foi possível devido a utilização da análise de imagens. Assim, a análise de imagens com o software Vigor-S surge como uma importante ferramenta para complementar as informações obtidas com o teste de comprimento de plântulas, pois permite uma avaliação mais precisa do vigor em relação à comprimento das plântulas, o que convencionalmente é realizado com cinco dias para plântulas de soja, reduzindo em dois dias as avaliações.

Nas análises automatizadas com o software Vigor-S é possível também distinguir com segurança o vigor das sementes em cada posição no teste de comprimento de plântulas (Tabela 6).

**Tabela 6.** Índice de vigor, germinação, crescimento e comprimento médio automático de plântulas soja provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor em função da posição das sementes no teste de desempenho de plântulas analisadas por análise de imagens computadorizadas (Vigor-S).

<b>ÍNDICE DE VIGOR AUTOMÁTICO</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	516,85 Aa	378,95 Ab	575,92 Aa
Médio	460,40 Ab	314,07 Bc	529,62 Aa
Baixo	136,22 Ba	112,72 Ca	98,02 Ba
C.V (%)	12,01		
<b>GERMINAÇÃO AUTOMÁTICA</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	91,25 Aa	71,25 Ab	91,25 Aa
Médio	73,75 Bb	68,75 Ab	85,00 Aa
Baixo	35,00 Ca	32,5 Ba	27,50 Ba
C.V (%)	11,22		
<b>CRESCIMENTO AUTOMÁTICO</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	401,02 Ab	257,05 Ac	490,15 Aa
Médio	374,57 Ab	197,22 Bc	427,47 Ba
Baixo	60,30 Ba	43,62 Ca	34,57 Ca
C.V (%)	13,61		
<b>COMPRIMENTO MÉDIO AUTOMÁTICO</b>			
Vigor	Posição 1	Posição 2	Posição 3
Alto	5,925 Aa	4,375 Ab	6,525 Aa
Médio	5,025 Bb	3,075 Bc	5,975 Aa
Baixo	1,025 Ca	0,900 Ca	0,725 Ba
C.V (%)	14,75		

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

No índice de vigor obtido automaticamente é possível observar que nas posições 1 e 3 as plântulas provenientes de sementes de alto e médio vigor não diferiram, corroborando com os resultados apresentados nas Tabelas 4 e 5. As sementes de médio vigor na posição 3 apresentaram maior índice de vigor quando comparada as demais posições.

O índice de vigor reúne todos os demais dados adquiridos pelo software em um único índice e os resultados estão alinhando com os verificados na maioria dos testes de vigor realizados, assim como os dados observados por Leite et al. (2020). De acordo com Castan et al. (2018), o sistema de análise de imagem de plântulas (Vigor-S) proporciona informações semelhantes às obtidas em testes de vigor tradicionais, constituindo alternativa segura para a identificação de lotes com diferenças no potencial fisiológico.

Quanto a germinação obtida automaticamente pelo software vigor-S a posição 3 não diferiu para sementes de alto e médio vigor. Porém, a posição 1 diferiu para os três níveis de vigor nesse quesito. Na posição 2 somente sementes com baixo vigor diferiram. Nas sementes de alto vigor as posições 1 e 3 não diferiram, porém em sementes de médio vigor a posição 3 possibilitou maior germinação analisadas pelo Vigor-S. Em relação ao crescimento obtido automaticamente pelo software vigor-S das plântulas a posição 1 das sementes de alto e médio vigor apresentaram resultados estatisticamente iguais. No entanto, para a semente de alto vigor, a melhor posição para o crescimento é a posição 3.

Para o comprimento médio das plântulas obtido automaticamente pelo software vigor-S a posição 3 permitiu um melhor desenvolvimento das sementes de alto e médio vigor. Essas observações foram confirmadas nas análises automatizadas, pois o comprimento de plântulas foi um parâmetro mais sensível para indicar diferenças de vigor entre os lotes que o índice de vigor e a uniformidade de desenvolvimento (MARCOS FILHO et al, 2009).

O teste de comprimento de plântulas ou de suas partes tem sido eficiente para detectar diferenças no potencial fisiológico de sementes de várias espécies (NAKAGAWA, 1999) e tem estreita relação com a emergência das plântulas em campo (KRZYZANOWSKI, 1991; VANZOLINI et al., 2007).

Nesse sentido, o desenvolvimento da análise de imagens em sistemas projetados para germinação de sementes e para testes de vigor mostram seu potencial no estudo do desempenho de sementes, com a perspectiva de combinar métodos tradicionais para a avaliação da qualidade da semente com aqueles que fornecem dados biomorfológicos mais precisos (DELL'AQUILA, 2009).

Na Tabela 7 pode ser observada a análise dos dados do índice de uniformidade. Quanto ao vigor das sementes é possível verificar que a maior uniformidade foi obtida a partir da utilização de sementes de alto vigor. Quando analisada a posição as posições 1 e 3 são mais uniformes. Sementes de soja com alto vigor apresentaram maior uniformidade durante o desenvolvimento das plântulas (LEITE et al., 2020).

**Tabela 7:** Uniformidade de plântulas de soja provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor em função da posição das sementes no teste de desempenho de plântulas analisadas por análise de imagens computadorizadas (Vigor-S).

<b>Vigor</b>	<b>Uniformidade*</b>	<b>Posição</b>	<b>Uniformidade**</b>
Alto	742,18 A	1	587,05 A
Médio	671,79 B	2	508,05 B
Baixo	277,81 C	3	596,68 A
CV (%)	14,02		

\*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a a 1% e (\*\*) 5% de probabilidade.

O índice de uniformidade assume grande importância na análise do vigor das sementes, pois uma emergência rápida e uniforme representa um estande adequado de plântulas em campo (RODRIGUES, 2019). Porém, este índice não deve ser analisado isoladamente para gerar informações sobre o vigor das sementes, pois lotes compostos apenas por plântulas pouco desenvolvidas também podem gerar um alto índice de uniformidade. Os índices de vigor e uniformidade de desenvolvimento podem ser úteis quando ocorre variações acentuadas entre lotes de sementes (MARCOS FILHO et al.; 2009)

O índice de uniformidade assume grande importância na análise do vigor das sementes, pois uma emergência rápida e uniforme representa um estande adequado de plântulas em campo

#### **4 CONCLUSÕES**

O Sistema Automatizado de Análise de Vigor de Sementes (Vigor-S) é eficiente na avaliação do teste de comprimento de plântulas em função do vigor e posição das sementes. A posição e o vigor das sementes tem influência no teste de comprimento de plântulas. Por meio da avaliação do Vigor-S a posição com a radícula voltada para baixo com a micrópila posicionada em direção a dobradura do papel é uma alternativa viável para os testes de vigor de sementes baseados no comprimento de plântulas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. R. C.. Posição da semente na determinação de vigor pelo crescimento de plantas em diferentes cultivares de soja. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 12 f. 2020.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum Press, 445p. 1994.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: 2009

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CASTAN, DOC; GOMES-JUNIOR, FG; MARCOS-FILHO, J. Vigor-S, um novo sistema de avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho. **Scientia Agricola** , v.75, n.2, p.167-172, 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safrabrasileira de grãos**, v.7 – safra 2020/21 – n.9 – nono levantamento, junho 2021. Brasília: Conab, 121 p. 2021.

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.

DE LIMA, D. C. et al. Sistema de análise automatizada do vigor de sementes. In: Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2014, São Carlos, SP **Anais do SIAGRO: ciência, inovação e mercado 2014**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, p. 45-48. 2014.

DELL'AQUILA, A. Tecnologia da informação de imagem digital aplicado ao teste de germinação de sementes: uma revisão. **Agronomia para Desenvolvimento Sustentável** v. 29; p. 213-221. 2009.

DODE, J. S. et al. Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. **Ciência Rural [online]**, v. 43, n. 2, p. 193-198, 2013.

HENNING, F. A.; MERTZ, L. M.; JUNIOR, E. A. J.; MACHADO, R. D.; FISS, G.; ZIMMER, P. D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia**, v.69, p.727- 734, 2010.

HOFFMASTER, A. F.; XU, L.; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B.; BENNETT, M.A.; EVANS, A.F. The Ohio State University seed vigor imaging system (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Seed Technology**, v. 27, n.1, p. 7-24, 2005.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.

35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GOMES JUNIOR, F.G.; CHAMMA, H.M.C.P. Eficiência de um sistema computadorizado de processamento de imagens para avaliação do vigor de sementes de feijão. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 2008, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, p. 685-688, 2008.

JESUS, M. M. N. Influência do teste de crescimento de plântulas podem ser afetadas pelo posicionamento de sementes de soja? Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 13 f. 2020.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de Sementes: Conceitos e Testes. Londrina: **ABRATES**, 218p. 1999.

LEITE, et al. Viabilidade da análise de imagens de mudas (Vigor-S) para determinar o potencial fisiológico de sementes de melão. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

MARCOS-FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: **ABRATES**, 660p, 2015.

MARCOS FILHO, Julio; KIKUTI, Ana Lúcia Pereira; LIMA, Liana Baptista de. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de sementes**, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.

MARCOS-FILHO, J.; BENNETT, M. A.; MCDONALD, M. B.; EVANS, A. F.; GRASSBAUGH, E. M. Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. **Seed Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 485-497, 2006.

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**, p.2.1-2.24, 1999.

PEGO, R.G.; NUNES, U.R.; MASSAD, M.D. Qualidade fisiológica de sementes e desempenho de plantas de rúcula no campo. **Ciência Rural** , v.41, n.8, p.1341-1346, 2011.

RODRIGUES, M. Vigor-S: sistema para avaliação automatizada do vigor de sementes de soja. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2020.

RODRIGUES, M. Vigor-S: sistema para avaliação automatizada do vigor de sementes de soja. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 66 p. 2019.

SANTANA, J.H.G. Influência da posição em sementes de soja no teste de crescimento de plântulas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 20 f., 2019.

SAKO, Y.; MCDONALD, M.B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. A

system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; MAIA, M.S.; ASSIS, F.N. de. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia-preta. **Scientia Agricola**, v.57, p.305-312, 2000.

SILVA, G. G.; GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação automatizada do vigor de sementes de soja utilizando o software Vigor-S. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UNIVERSIDADE SÃO PAULO, 2014. **Resumos...** São Paulo: USP, p.1-4. 2014.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes. Brasília**, v. 24, n.1, p.33-41, 2002.

VIEIRA, R.D.; BITTENCOURT, S.R.M.; PANOBIANCO, M. Seed vigour - an important component of seed quality in Brazil. **ISTA - Seed Testing International**, n. 126, p. 21-22, 2003.

VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. cap. 4, p.1-26.