

## Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho

André Dantas Medeiros<sup>1</sup>, Márcio Dias Pereira<sup>1</sup>, Jackson Araújo Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Agropecuária. Macaíba, RN, Brasil. E-mail: medeiros.seeds@gmail.com (ORCID: 0000-0002-1097-0292); marcioagron@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0001-9729-6503); jacksonas22@hotmail.com (ORCID: 0000-0002-6333-0002)

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo, comparar a determinação do comprimento de plântulas de milho realizada através do Sistema de Análise de Plântulas (SAPL) e pelo método tradicional na avaliação do vigor de sementes da espécie. Utilizaram-se sete lotes de sementes de milho e, para caracterização fisiológica, fez-se o uso dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, teste de frio, condutividade elétrica e comprimento de plântula. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. As variáveis resposta foram correlacionadas pelo teste de Pearson e as metodologias para determinar o comprimento do coleóptilo, raiz e plântula inteira, foram comparadas pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Para a comparação entre lotes, as médias dos resultados foram submetidos à análise de variância e, ao se verificar efeito significativo, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença entre a medição de plântulas feita de maneira manual e automatizada. O uso da análise de imagem em plântulas milho forneceu dados compatíveis com aqueles obtidos nos testes rotineiramente utilizados na avaliação do vigor sementes e, portanto, pode ser considerada uma abordagem eficiente e de economia de tempo.

**Palavras-chave:** automatização; qualidade fisiológica; *Zea mays*

## Digital image processing in the determination of corn seed vigor

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to compare the determination of the length of maize seedlings performed through the System of Analysis of Seedlings (SAPL) and the traditional method in the evaluation of the vigor of seeds of the species. Seven seed lots of corn were used and, for physiological characterization, germination, first germination, cold test, electrical conductivity and seedling length tests were used. The experimental design was a completely randomized design with four replications. The response variables were correlated by the Pearson test and the methodologies to determine the length of coleoptile, root and whole seedlings were compared by the F test at 1 and 5% probability. For the comparison between lots, the means of the results were submitted to analysis of variance and, when a significant effect was verified, were compared by the Tukey test at 5% of probability. There was no difference between manual and automated seedling measurement. The use of image analysis in corn seedlings provided data compatible with those obtained in the tests routinely used in the evaluation of seed vigor and therefore can be considered an efficient and time-saving approach.

**Key words:** automation; physiological quality; *Zea mays*

## Introdução

O milho é o cereal mais produzido no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, onde a estimativa de produção gira em torno de 84 milhões de toneladas do grão, em uma área de aproximadamente 16 milhões de hectares, sendo a produtividade média para a última safra de 5.249 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017). Pode-se dizer que é uma cultura estratégica sob o ponto de vista de segurança alimentar e do desenvolvimento econômico (Nardino et al., 2016).

Parte dos bons resultados da safra de milho se deve ao uso de sementes de alta qualidade, resultando em alto vigor no campo, estandes uniformes e, portanto, maiores taxas de produtividade. Essas sementes, que apresentam elevado vigor, caracterizam-se por processos metabólicos mais ágeis, proporcionando uma emissão de raiz primária mais rápida, com maior taxa de crescimento e uniformidade durante o processo de germinação, produzindo plântulas de tamanho inicial maior e, deste modo, maior crescimento e rendimento de grãos (Mielezrski et al., 2008; Minuzzi et al., 2010).

O vigor das sementes pode ser determinado por diversos testes realizados em laboratório, contudo, grande parte deles exige muito tempo de análise e um trabalho intensivo. É o caso do teste de desempenho de plântula, seguindo a metodologia descrita por Nakagawa (1999), no qual se utiliza entre 10 a 20 plântulas que devem ser medidas individualmente com uma régua graduada para determinar o comprimento da parte aérea e da raiz, visando à obtenção de sementes vigorosas. Diante dessas dificuldades, faz-se necessário o desenvolvimento de alternativas que tenham a finalidade de aumentar a eficiência e a confiança dos resultados, tais como o processamento digital de imagens, que permite a análise de um grande número de amostras de forma rápida (Brunes et al., 2016).

A imagem digital é uma representação de uma matriz numérica bidimensional onde cada seguimento pontual dela corresponde a um pixel. Cada dimensão da matriz compreende uma das três cores elementares, que pode ser vermelho, verde e azul, e a proporção destas cores produz a intensidade do pixel (Kalaivani et al., 2013). A leitura da imagem digital é executada via processamento espacial, sendo analisadas a posição e a cor dos pixels, ou a distribuição no domínio da frequência de intensidade de pixel (Teixeira et al., 2006).

O uso de análises computadorizadas em imagens digitais de plântulas para determinação do vigor de sementes, tem sido alvo de vários estudos com diversas espécies, como trigo (Brunes et al., 2016), amendoim (Barbosa et al., 2016), milho (Dias et al., 2015), feijão (Gomes Junior et al., 2014), girassol (Rocha et al., 2015).

Dentre as ferramentas matemáticas utilizadas para este fim, está o Sistema de Análise de Plântulas (SAPL), desenvolvido pelo Grupo de Estudos em Tecnologia de Sementes (GETSem) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O SAPL consiste em um sistema automatizado e fundamenta-se na avaliação do vigor de

sementes a partir do desempenho de plântulas, para tanto, trabalha-se com imagens obtidas através de câmeras digitais. O SAPL fornece dados do comprimento do hipocótilo, raiz primária e total, além de informar os índices de vigor, crescimento e uniformidade da plântula.

O presente trabalho teve como objetivo comparar a determinação do comprimento de plântulas através da utilização do processamento de imagem com o Sistema de Análise de Plântulas (SAPL) e o método tradicional, na avaliação do vigor de sementes de milho.

## Material e Métodos

Utilizaram-se sete lotes de sementes de milho, que foram avaliadas por meio dos testes discriminados a seguir.

Teste de germinação - conduzido com quatro repetições de 50 sementes por lote, em rolos de papel toalha (Germitest), umedecidos com água destilada em quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram colocados dentro de sacos plásticos e, em seguida, mantidos em câmara do tipo B.O.D. a 25 °C, por sete dias. As avaliações foram efetuadas de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009) e os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

Primeira contagem da germinação - foi realizada no quarto dia após a semeadura (Brasil, 2009) no momento do teste de germinação.

Teste de frio sem solo - conduzido de acordo com Cícero & Vieira (1994), com quatro repetições de 50 sementes, em rolos de papel umedecido com uma quantidade de água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. Após a semeadura, os rolos foram colocados no interior de sacos plásticos, vedados com fita adesiva e mantidos em câmara regulada a 10 °C, durante sete dias. Após este período, os rolos foram retirados dos sacos plásticos e transferidos para um germinador à temperatura de 25 °C, onde permaneceram por quatro dias e em seguida determinou-se o número de plântulas normais (Vieira & Krzyzanowski, 1999).

Condutividade elétrica - foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por lote, pesadas em balança com precisão de 0,01 g, colocadas em copos plásticos contendo 75 mL de água destilada, em câmaras de germinação a 25 °C por 24 h. Decorrido este período, a condutividade elétrica da solução foi determinada em condutímetro, e os valores médios foram calculados e expressos em  $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  de semente (Vieira & Krzyzanowski, 1999; AOSA, 2009).

Comprimento do coleótilo (CL), raiz primária (RL) e plântula inteira (SL) - utilizaram-se quatro repetições de 20 sementes de milho por lote, distribuídas em uma linha traçada no terço superior do papel toalha (Germitest), no sentido longitudinal, umedecido previamente com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. As sementes foram posicionadas de forma que o hilo estivesse voltado para a parte inferior do papel e os rolos foram acondicionados em sacos plásticos, colocados

verticalmente no germinador a 25 °C (Nakagawa, 1999). No sétimo dia após a semeadura, avaliou-se o comprimento do coleóptilo, raiz primária e plântula inteira, em dez plântulas normais, medido com uma régua graduada em milímetros, sendo cada plântula medida separadamente e calculada a média final para a plântula inteira e suas partes.

Análise computadorizada de plântulas por meio do software SAPL – as plântulas foram transferidas do papel toalha para uma folha do tipo EVA de coloração azul (40 x 60 cm), contendo 9 células de 5 cm de largura, divididas por faixas brancas. O canto superior da primeira célula da direita foi dedicado a métrica (dois pontos equidistantes 1 cm), e o restante das células foi ocupado individualmente por cada plântula.

A aquisição de imagens realizou-se por meio de fotografias, utilizando-se uma câmera digital Samsung, modelo DV300F. Em seguida, as imagens foram transferidas para um computador, sendo salvas em pastas identificadas para cada repetição. A análise foi realizada com o uso do software SAPL instalado em computador HP Compaq Pro 6305 SFF, com processador AMD A6-5400B, operado por sistema Windows 7 Professional e com Memória instalada de 4,00 GB.

Ao iniciar o software, selecionou-se a espécie que seria analisada, nesse caso, milho. Na sequência, foi realizado o carregamento das imagens das plântulas por repetição, sendo feito em seguida o processamento das imagens, no qual foi possível a visualização da imagem original, da plântula individualmente analisada, da silhueta da plântula em branco com fundo preto, da demarcação do que o software entende por parte aérea e radicular e dos valores de comprimento individuais de cada plântula. Após a análise das plântulas, o software forneceu valores referentes ao comprimento do hipocótilo, raiz primária e plântula inteira, além de outros índices, que não foram explorados nessa pesquisa. Através da seleção “opções de processamento > Gerar arquivo”, os resultados foram automaticamente salvos em um arquivo de planilha eletrônica na pasta correspondente a repetição analisada.

Delineamento experimental - os testes foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições por tratamento. As variáveis resposta foram correlacionadas pelo teste de Pearson, e as metodologias para determinar o comprimento do coleóptilo, raiz e plântula inteira por meio de medição manual e pelo processamento de imagem foram comparadas pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Para a comparação entre lotes, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e ao se verificar efeito significativo, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para todas as análises, utilizou-se o programa estatístico SAS® (SAS Institute, 2000).

## Resultados e Discussão

Foram identificadas diferenças no grau de umidade das sementes, que variou entre 8,5 e 10,3% (Tabela 1).

Esta é considerada uma baixa variação e, segundo Marcos Filho (2015), indica que os lotes de sementes podem ter sua qualidade fisiológica comparados entre si, já que se apresentam dentro da faixa do limite tolerável de umidade para comparação, sem que esta seja comprometida por este fator.

Os resultados permitiram constatar diferenças de desempenho entre os lotes, em todos os testes utilizados na caracterização fisiológica inicial das sementes (Tabela 1). Para o teste de germinação (G) observou-se que a maioria dos lotes apresentaram elevada capacidade germinativa, sendo que cinco dos sete lotes avaliados, apresentaram valores iguais ou superiores a 90 % de germinação, não diferindo entre si pelo teste de Tukey. Já os demais lotes apresentaram valores inferiores a 40 % de germinação (lotes 4 e 7), sendo considerados de baixa qualidade fisiológica, visto que, o valor mínimo estabelecido para comercialização de sementes milho no Brasil é de lotes com valores iguais ou superiores a 85 % de germinação (Brasil, 2013).

O teste de primeira contagem de germinação (PCG), que corresponde ao percentual de sementes germinadas no quarto dia após a instalação do teste, diferenciou os lotes em três classes de vigor. Em que, os lotes 1, 5 e 6 foram classificados como de alto desempenho, o lote 2 e 3 de desempenho intermediário e os lotes 4 e 7 de baixo desempenho, para esse teste.

Assim como a primeira contagem de germinação, a condutividade elétrica (CE) também foi capaz de diferenciar os lotes em três classes de vigor, sendo o lote 4 o que mais perdeu íons e exsudados para o meio, o que segundo Silva & Cicero (2014) indica a baixa eficiência das membranas celulares dessas sementes, resultando em menor qualidade fisiológica desse lote em relação aos demais. O lote 7, para esse teste, obteve médio desempenho, porém, ainda inferior em relação aos demais lotes (1, 2, 3, 5, 6).

O teste de frio (TF), que segundo Coimbra et al. (2009), é considerado um dos mais importantes para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho, foi o teste que registrou maior sensibilidade na diferenciação da qualidade

**Table 1.** Resultados médios obtidos pela avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho. Grau de umidade (GU), germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), teste frio (TF), condutividade elétrica (CE).

Lotes	GU	G	PCG	CE	TF
		%		( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	%
1	8,5	99,0 a	98,5 a	6,58 a	94,0 a
2	10,0	92,0 a	91,0 b	7,36 a	79,5 b
3	9,5	90,0 a	89,0 b	7,46 a	85,0 b
4	10,0	27,5 b	19,0 c	25,8 c	21,5 d
5	10,2	99,5 a	99,5 a	7,15 a	100,0 a
6	10,3	99,0 a	99,0 a	7,35 a	100,0 a
7	10,3	30,5 b	21,0 c	15,02 b	37,5 c
F	-	226,24 **	548,22 **	768,72 **	409,19 **
d.m.s	-	10,04	7,26	1,19	7,18
CV (%)	-	5,69	4,28	4,73	4,23

\*\*, \* Significativo a 1% e 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

dos lotes, quando comparado aos demais testes utilizados na caracterização fisiológica. A qualidade das sementes quanto a tolerância ao frio permitiu germinação de sementes variando entre 21,5 a 100 %, dependendo do lote testado. Os resultados obtidos apontam para uma separação em quatro classes de vigor, sendo os lotes 1, 5 e 6 de alto desempenho, os lotes 2 e 3 de desempenho intermediário superior, o 7 de desempenho intermediário inferior e o lote 4 de baixo desempenho. Essas diferenças no vigor eram esperadas, já que os lotes apresentaram diferenças significativas na porcentagem de germinação.

A partir da análise de correlação de Pearson (Tabela 2), foi possível observar correlações significativas e altas, positivas e negativas (condutividade elétrica) entre as variáveis. Embora, a alta correlação indique apenas uma tendência semelhante na variação entre duas características, e não deve ser interpretada isoladamente (Leal et al., 2012), de acordo com Albuquerque et al. (2009), com a análise de correlação linear, pode-se decidir pela redução do número de características avaliadas em experimentos futuros, uma vez observada grande dependência entre as variáveis. No caso do comprimento de coleótilo, raiz primária e plântula inteira, observou-se as mais altas correlações entre os dois métodos de avaliação, aquele em que se procedeu a medição com o processamento de imagem, através do SAPL (CLI, RLI, SLI) e pelo modo manual, com uma régua (CLR, RLR, SLR). Resultados semelhantes foram encontrados por Brunes et al. (2016), ao avaliar plântulas de trigo, por meio de métodos manuais e por meio de análise computadorizada, utilizando-se da ferramenta matemática matlab®.

A partir dos resultados do teste F a 1 e 5 % de probabilidade, verificou-se que não existiam diferenças significativas entre os métodos de avaliação do comprimento das plântulas e suas partes, tanto na medição pelo processamento de imagem digital, utilizando o programa SAPL, tanto por via manual com régua graduada em milímetros (Tabela 3). Dado que o teste F, de acordo com Mello & Peternelli (2013), é recomendado para examinar variâncias homogêneas, ou seja, identificar se as variações nas amostras provenientes

**Tabela 3.** Resultados do teste F a 95 % de probabilidade para comparação entre o método de medição manual e por análise imagem (CLI), para o comprimento de coleótilo (CL), raiz primária (RL) e plântula inteira (SL), em plântulas de diferentes lotes de milho.

FV	GL	QM		
		CL	RL	SL
Método	1	0,28 ns	3,39 ns	1,71 ns
Lote	6	90,74**	264,89**	590,71 **
Interação	6	0,23 ns	0,61 ns	1,01 ns
Resíduo	42	0,71	2,32	4,19
Média		10,09	10,63	20,72
CV %		8,4	14,34	9,88

ns = Não significativo; \*\*, \* = Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

de distribuições normais são idênticas, estes resultados mostraram que ambos os métodos apresentam resultados homogêneos para o comprimento das plântulas de milho e suas partes. Os resultados, ainda na tabela 3, mostraram que houve diferença significativa entre os lotes avaliados para todas as variáveis de comprimento testadas.

Na Tabela 4, é possível verificar que o teste de comprimento de plântulas, realizado tanto de forma manual, quanto por meio de análise computadorizada de imagens, foi sensível para identificar diferenças de vigor entre os lotes estudados, bem como, permitiu uma categorização coerente com os resultados obtidos na caracterização fisiológica inicial.

Para o parâmetro comprimento de coleótilo, observou-se sutil variação em relação aos resultados dos testes de frio e primeira contagem de germinação (Tabela 1), em que, os lotes 5 e 6 passaram a ser classificados como lotes intermediários e os lotes 2, 3 como de alta qualidade fisiológica (Tabela 4). De acordo com Pinto et al. (2015), em razão dos testes avaliarem características distintas, o comportamento dos lotes pode variar entre os testes de avaliação fisiológica das sementes. Já, em relação à avaliação manual (CLR) e por imagem (CLI) do coleótilo, constatou-se que, embora a classificação tenha sido similar, a avaliação automatizada mostrou-se mais sensível e apurada na diferenciação

**Tabela 2.** Correlação de Pearson para as variáveis germinação (G), primeira contagem de germinação (PCG), teste de frio (TF), condutividade elétrica (CE) e para os comprimentos de coleótilo (CLR, CLI), raiz primária (RLR, RLI) e plântula inteira (SLR, SLI), medido de forma manual e por análise de imagem, respectivamente, em sementes e plântula de diferentes lotes de milho.

	G	PCG (%)	TF	CE ( $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ )	CLR	RSR	SLR	CLI	RLI	SLI
G	-	0,99**	0,97**	-0,89**	0,83**	0,93**	0,96**	0,83**	0,93**	0,95**
PCG		-	0,97**	-0,90**	0,83**	0,94**	0,96**	0,84**	0,94**	0,96**
TF			-	-0,92**	0,74**	0,95**	0,93**	0,75**	0,95**	0,93**
CE				-	-0,73**	-0,82**	-0,84**	-0,72**	-0,82**	-0,83**
CLR					-	0,73**	0,89**	0,99**	0,73**	0,89**
RSR						-	0,96**	0,75**	0,99**	0,96**
SLR							-	0,89**	0,96**	0,99**
CLI								-	0,75**	0,90**
RLI									-	0,96**
SLI										-

\*\*, \* = Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F.

**Tabela 4.** Médias do comprimento de coleótilo (CLR, CLI), raiz primária (RLR, RLI) e plântula inteira (SLR, SLI), determinado pelo método manual e por processamento digital de imagem, respectivamente, em diferentes lotes de milho.

Lotes	Manual			Imagem		
	CLR	RLR	SLR	CLI	RLI	SLI
	(cm)					
1	13,8 a	14,7 ab	28,5 a	13,9 a	14,5 ab	28,4 a
2	13,0 a	10,6 c	23,6 b	12,9 a	9,8 c	22,8 b
3	12,5 a	13,0 bc	25,6 ab	12,1 ab	12,2 bc	24,3 ab
4	6,2 c	2,6 d	8,9 c	6,8 d	2,7 d	9,6 c
5	9,4 b	15,2 ab	24,7 ab	9,8 c	14,4 ab	24,3 ab
6	10,2 b	17,2 a	27,4 ab	10,5 bc	15,9 a	26,5 ab
7	4,7 c	2,6 d	7,3 c	4,9 d	2,8 d	7,7 c
F	65,5 **	62,7 **	71,7 **	60,8 **	51,6 **	69,3 **
d.m.s	1,97	3,47	4,81	1,92	3,54	4,59
CV (%)	8,56	13,87	10,02	8,25	14,83	9,72

\*\* , \* Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

entre lotes, visto que conseguiu distinguir os lotes em 4 níveis de vigor, 1 nível a mais que a avaliação manual. Esse resultado demonstra que o processamento digital é uma ferramenta que não só se equipara, como também, pode apresentar resultados superiores, com maior precisão, ao método manual, visto que, de acordo com Marcos Filho et al. (2009) a automatização do processo reduz o parâmetro subjetividade da análise, baseadas na observação visual do analista, parâmetro esse, que muitas vezes aumenta o erro consideravelmente, tornando a análise menos precisa. Sena et al. (2015), ao avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho, observaram diferenças significativas no comprimento da parte aérea, entre as variedades estudadas, o que permitiu uma categorização em nível de vigor aceitável.

O comprimento de raiz primária, classificou os lotes quanto ao vigor, em 4 níveis, de forma muito similar aos testes de caracterização fisiológica inicial. Os lotes 6, 5 e 1 obtiveram os maiores comprimentos de raiz, em contraste, os lotes 4 e 7 alcançaram os menores comprimentos de raiz primária, corroborando com os resultados obtidos na Tabela 1. Os métodos de mensuração manual com régua e por imagem, classificaram os lotes de forma idêntica, demonstrando dessa forma uma confiança maior nos resultados. Dias et al. (2015), ao trabalhar com sementes de milho, também conseguiram resultados confiáveis e comparáveis aos testes tradicionais, quando utilizaram medidas de comprimento de raízes de plântulas obtidas a partir da análise de imagem.

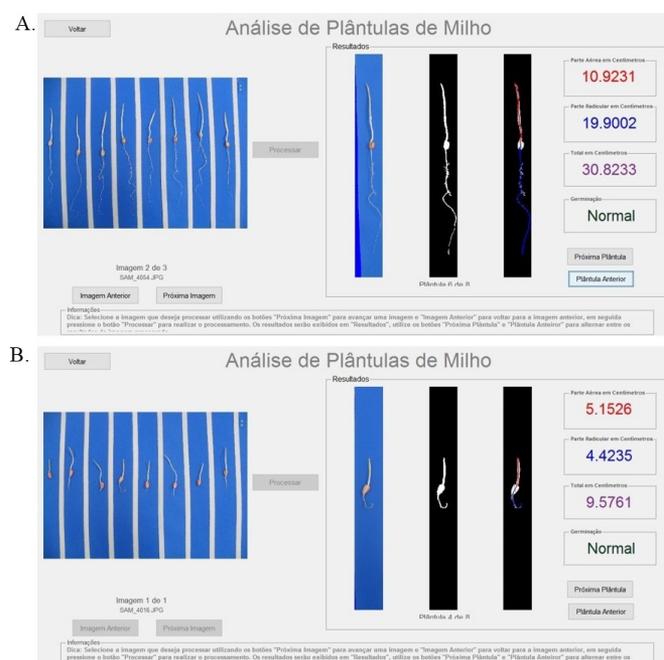
Para o comprimento de plântula inteira, os resultados foram coerentes com os testes de vigor já discutidos, porém, assim como o teste de primeira contagem e condutividade elétrica, foi possível o ranqueamento apenas em três níveis de vigor. Sendo os lotes 4 e 7, classificados como de menores comprimentos de plântulas e o lote 1, de maior desempenho. No entanto, não se observou diferença estatística entre os lotes 3, 5 e 6. Os lotes que demonstraram alto vigor, originam plântulas com maior desenvolvimento (comprimento),

traduzindo a eficiência da ação de mecanismos de reparo, mobilização de reservas e de síntese de novos tecidos durante a germinação (Gomes Junior, 2010; Marcos Filho 2015). Diferente disso, o baixo vigor dos lotes, segundo Schuch et al. (1999), condicionou o retardo dos processos metabólicos, refletindo no menor nível de desenvolvimento vegetal, o que tendeu a equalizar os tamanhos de plântulas com a evolução do crescimento.

Na Figura 1 é possível observar plântulas dos lotes 1 (Figura 1A) e 4 (Figura 1B), sendo processadas por meio do SAPL de forma individualizada. Em todos os testes realizados esses lotes mostram-se contrastantes no que se refere à qualidade fisiológica, o que é possível observar nitidamente através do tamanho das plântulas e dos seus valores, representados no lado direito da imagem.

Segundo Gomes Junior et al. (2009), uma das dificuldades de se determinar o comprimento de plântula durante a medição manual com régua, proposta na metodologia do teste, é a tendência a curvatura no hipocótilo das plântulas ou mesmo as variações no formato e desenvolvimento das raízes, nesse caso, a dificuldade seria medir as curvaturas observadas na raiz das plântulas de milho (Figura 1), sem oferecer risco de quebra a raiz, visando obter valores de comprimento com elevada precisão.

Pode-se inferir a partir destes resultados, que o uso do processamento de imagem mostrou-se de grande potencial para ser utilizado na determinação do comprimento de plântulas, com um alto grau de eficiência e precisão, gastando-se bem menos tempo para a execução do teste. A automatização dessas análises traz significativas contribuições, e um caminho promissor para a área de tecnologia de sementes.



**Figura 1.** Tela de processamento individual de plântulas do SAPL, em que plântulas de sete dias de milho, dos lotes 1 (A) e 4 (B) estão sendo avaliadas quanto ao seu comprimento.

## Conclusões

Não há diferença entre a medição de plântulas realizada de maneira manual e a automatizada, por meio de análise de imagens;

O uso da análise de imagem em plântulas fornece dados confiáveis, comparados aos testes tradicionais de vigor e pode ser considerada uma abordagem eficiente e de economia de tempo.

## Literatura Citada

- Albuquerque, C.J.B.; von Pinho, R.G.; Silva, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. *Bioscience Journal*, v. 24, n. 2, p.69-76, 2008. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6763>. 01 Nov. 2017.
- Association of Official Seed Analysts – AOSA. Seed vigor testing handbook. Ithaca: AOSA, 2009. 341 p. (AOSA. Contribution, 32).
- Barbosa, R.M.; Vieira, B.G.T.L.; Gomes Junior, F.G.; Vieira, R.D. Image analysis and peanut seeds performance during the production process. *Científica*, v. 44, n. 3, p. 412-420, 2016. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n3p412-420>.
- Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de algodão, amendoim, arroz, arroz preto, arroz vermelho, aveia branca e amarela, canola, centeio, cevada, ervilha, feijão, feijão caupi, gergelim, girassol variedades, girassol cultivares híbridas, juta, linho, mamona variedades, mamona cultivares híbridas, milho variedades, milho cultivares híbridas, painço, soja, sorgo variedades, sorgo cultivares híbridas, tabaco, trigo, trigo duro, triticale e de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico. *Diário Oficial da União*, v.150, n. 183, seção 1, p. 6-27, 2013.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: SNAD/DNDV/CLAV, 2009.
- Brunes, A.P.; Araújo, A.D.; Dias, L.K.; Villela, F.A.; Aumonde, T.Z. Seedling length in wheat determined by image processing using mathematical tools. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 2, p. 374-379, 2016. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160044>.
- Cicero, S.M.; Vieira, R.D. Teste de frio. In: Vieira, R.D.; Carvalho, N.M. (Ed.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.151-164.
- Coimbra, R.A.; Martins, C.C.; Tomaz, C.A.; Nakagawa, J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de lotes de sementes de milho-doce (sh2). *Ciência Rural*, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009000900004>.
- Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: monitoramento agrícola safra 2016/2017. Brasília: Conab, 2017. v. 4, n. 1. 96p.
- Dias, M.A.N.; Mondo, V.H.V.; Cicero, S.M.; Gonçalves, N.R.; Silva, C.A.T.D. Vigor tests association as an alternative for precise and efficient assessment of maize seed quality. *Revista Caatinga*, v. 28, n. 3, p. 93-99, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n311rc>.
- Gomes Junior, F.G. Aplicação da análise de imagens para avaliação da morfologia interna de sementes. *Informativo Abrates*, v. 20, n. 3, p. 33-51, 2010. [https://www.researchgate.net/publication/259713976\\_Aplicacao\\_da\\_analise\\_de\\_imagens\\_para\\_avaliacao\\_da\\_morfologia\\_interna\\_de\\_sementes](https://www.researchgate.net/publication/259713976_Aplicacao_da_analise_de_imagens_para_avaliacao_da_morfologia_interna_de_sementes). 10 Dez. 2017.
- Gomes Junior, F.G.; Chamma, H.M.C.P.; Cicero, S.M. Automated image analysis of seedlings for vigor evaluation of common bean seeds. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 36, n. 2, p. 195-200, 2014. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v36i2.21957>.
- Gomes-Junior, F.G.; Mondo, V.H.; Cicero, S.M.; McDonald, M.B.; Bennett, M.A. Evaluation of priming effects on sweet corn seeds by SVIS. *Seed Technology*, p. 95-100, 2009. <http://www.jstor.org/stable/23433510>. 04 Nov. 2017.
- Kalaivani, R.; Muruganand, S.; Periasamy, A. Identifying the quality of tomatoes in image processing using matlab. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, v. 2, n. 8, p. 3525-3531, 2013. [https://www.ijareeie.com/upload/2013/august/4\\_%20IDENTIFYING.pdf](https://www.ijareeie.com/upload/2013/august/4_%20IDENTIFYING.pdf). 05 Nov. 2017.
- Leal, C.C.P.; Torres, S.B.; Nogueira, N.W.; Tomczak, V.E.; Benedito, C.P. Validação de testes de vigor para sementes de rúcula (*Eruca sativa* L.). *Revista Brasileira de Biociências*, v. 10, n. 3, p. 421, 2012. <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2270>. 04 Nov. 2017.
- Marcos Filho, J.; Kikuti, A.L.P.; Lima, L.B. 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. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222009000100012>.
- Marcos-Filho, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Abrates, 2015. 617 p.
- Mello, M.P.; Peternelli, L.A. Conhecendo o R: uma visão mais que estatística. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 222 p.
- Mielezski, F.; Schuch, L.; Peske, S.; Panozzo, L.; Carvalho, R.; Zuchi, J. Desempenho em campo de plantas isoladas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n. 3, p. 139-144, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000300018>.
- Minuzzi, A.; Braccini, A.D.L.; Rangel, M.A.S.; Scapim, C.A.; Barbosa, M.C.; Albrecht, L.P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000100020>.
- Nakagawa, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira, R.D.; França Neto, J.B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. p. 2-1-2-24.
- Nardino, M.; Baretta, D.; Carvalho, I.R.; Follmann, D.N.; Konflanz, V.A.; Souza, V.Q.; Oliveira, A.C.; Maia, L. C. Correlações fenotípica, genética e de ambiente entre caracteres de milho híbrido da Região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 34, n. 3, p. 379-394, 2016. <http://www.biometria.ufba.br/index.php/BBJ/article/view/191>. 11 Nov. 2017.
- Pinto, C.A.G.; Carvalho, M.L.M.; Andrade, D.B.; Leite, E.R.; Chalfoun, I. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 2, p.319-328, 2015. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150011>.
- Rocha, C.R.M.; Silva, V.N.; Cicero, S.M. Avaliação do vigor de sementes de girassol por meio de análise de imagens de plântulas. *Ciência Rural*, v. 45, n. 6, p. 970-976, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131455>.

- SAS Institute. Statistical analysis system: getting started with the SAS learning. Cary: SAS, 2000. 81p.
- Schuch, L.O.B.; Nedel, J.L.; Assis, F.D.; Maia, M.S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999. <http://www.bibliotekevirtual.org/revistas/RBS/v21n01/v21n01a34.pdf>. 07 Nov. 2017.
- Sena, D.V.A.; Alves, E.U.; Medeiros, D.S. Vigor de sementes de milho cv.'Sertanejo' por testes baseados no desempenho de plântulas. *Ciência Rural*, v. 45, n. 11, p. 1910-1916, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20120751>.
- Silva, V.N.; Cicero, S.M. Análise de imagens de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 145-151, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200004>.
- Teixeira, E.F.; Cicero, S.M.; Dourado Neto, D. Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 28, n. 2, p. 159-167, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000200022>.
- Vieira, R.D.; Krzyzanowski F.C. Teste de condutividade elétrica. In: Krzyzanowski, F.C.; Vieira R.D.; França Neto, J.B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.4.1-4.26.