



Evaluation of physiological quality of corn seeds by GroundEye L800® system

Qualidade fisiológica de sementes de milho por meio do sistema GroundEye L800®

Cinthia Vieira Golfi Andriazzi¹; Debora Kelli Rocha²; Igor Chalfoun Pomárico de Souza³; Samlla Albuquerque Bichuette¹

Abstract: The usual vigor test of companies for batches of genetic corn seeds is carried out based on the potential of seeds to germinate at low temperatures, not being suitable for the warm regions of the country, since there is a low correlation between laboratory and field results for these cases. An alternative to this method is the GroundEye L800® system, which evaluates vigor by the performance potential of corn seedlings. Thus, the objective was to evaluate the efficiency of the GroundEye L800® equipment in determining the vigor of seeds of the genetic category of corn. Seeds from 36 corn batches were used in this study. The parameters evaluated were germination, radicle emergence test (RET), emergence on flower-bed, besides the image analysis using GroundEye L800® system. RET, the method generally used by companies, showed a significant difference in emergence results compared to those found on flower-bed, with no positive correlation. The GroundEye L800 process and the flower-bed emergence test did not differ statistically. GroundEye L800® equipment is promising for assessing the physiological potential of corn seeds.

Key words: Image analysis. Seeds Production. Vigor. *Zea mays*.

Resumo: O teste de vigor usual das empresas para lotes de sementes genéticas de milho é realizado com base no potencial das sementes germinarem sob baixas temperaturas, não se prestando para as regiões quentes do país, uma vez que há baixa correlação entre os resultados de laboratório e de campo para esses casos. Uma alternativa para este método é o sistema GroundEye L800®, que avalia o vigor pelo potencial de desempenho das plântulas de milho. Com isso, objetivou-se avaliar a eficiência do equipamento GroundEye L800® na determinação do vigor de sementes de categoria genéticas de milho. Foram utilizadas sementes de 36 lotes de milho e avaliou-se germinação, teste de emergência radicular (TER), emergência em canteiro e análise de imagem pelo GroundEye L800®. O TER, método usual das empresas, apresentou diferença significativa dos resultados de emergência em canteiro, não havendo correlação positiva. O processo GroundEye L800 e teste de emergência de canteiro não se diferenciaram estatisticamente. O equipamento GroundEye L800® é promissor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho.

Palavras-chave: Análise de imagem. Produção de Semente. Vigor. *Zea mays*.

*Corresponding author

Submitted for publication on 29/08/2020, approved on 05/11/2020 and published on 30/11/2020

¹Bayer Brazil – Crop Science, CEP: 38407-049, Uberlândia, MG, E-mails: cinthia.andriazzi@bayer.com; samlla.albuquerque@bayer.com

²Universidade Federal de Lavras, UFLA, Departamento de Agricultura, CEP: 37200-000, Lavras, MG, E-mail: deborarochoa.agro@gmail.com

³TBIT Tecnologia S.A. CEP: 37200-000, Lavras, MG, E-mail: igor@tbit.com.br

INTRODUCTION

The production of corn seeds considered the second activity in the economic importance of Brazilian agribusiness, reached a peak of 23.7 million bags. For obtaining grain production higher than the 2019/20 harvest, which was around 99.3 million tons, the total corn harvest in 2020/21 should reach approximately 105.2 million tons, a rise of 2.6% compared to the previous harvest, for a seed utilization rate of around 90% (CARVALHO *et al.*, 2017; CONAB 2019).

The germination test is commonly used to assess the physiological quality of the seed's batches (TORRES *et al.*, 2016). Hence, several tests are routinely employed in seed laboratories to evaluate the vigor, among them, the accelerated aging test, cold test, electrical conductivity, seedling growth rate, and seedling vigor classification. Seed vigor, as defined by the International Seed Testing Association (ISTA, 1995), is an index of the degree of physiological deterioration or mechanical integrity of a batch of highly germinated seeds, representing its broad ability to establish in the environment.

The use of rapid tests in seed quality control programs has become an essential method for assessing the physiological quality of seeds, especially for vigor testing (DEMINICIS *et al.*, 2009). The vigor of the seeds can be determined by several tests conducted in the laboratory (MEDEIROS *et al.*, 2018), however, most of them are time-consuming and laborious, becoming the main limitations (PINTO *et al.*, 2015).

Thus, intending to increase the speed of vigor analysis, research in seed technology has been evaluating computerized procedures (WENDT *et al.*, 2017). The main challenge of these researchers is to identify appropriate variables common to the deterioration of the seeds. The further away from loss of germination capacity is the variable used, the more promising the test will be.

Given these difficulties, it is necessary to develop alternatives that are aimed at increasing the efficiency and confidence of the results, such as digital image processing, which allows a large number of samples to be analyzed quickly (BRUNES *et al.*, 2016).

INTRODUÇÃO

A produção de sementes de milho, com montante de 23,7 milhões de sacas, é a segunda atividade em importância econômica do agronegócio brasileiro. Para suprir uma produção de cerca de 99,3 milhões toneladas de grãos na safra 2019/20, estima-se a utilização de aproximadamente 105,2 milhões de toneladas, aumento de 2,6% em relação à safra anterior, para uma taxa de utilização de sementes em torno de 90% (CARVALHO *et al.*, 2017; CONAB 2019).

O teste de germinação é um dos mais utilizados para a determinação da qualidade fisiológica de lotes de sementes (TORRES *et al.*, 2016). Neste sentido, vários testes são utilizados rotineiramente em laboratórios de sementes para a avaliação do vigor, dentre eles estão o teste de envelhecimento acelerado, teste de frio, condutividade elétrica, crescimento e classificação do vigor de plântulas. O vigor de sementes, como definido pela International Seed Testing Association (ISTA, 1995), é um índice do grau de deterioração fisiológica e/ou integridade mecânica de um lote de sementes de alta germinação, representando sua ampla habilidade de estabelecimento no ambiente.

O emprego de testes rápidos em programas de controle de qualidade de sementes é ferramenta imprescindível para a avaliação da qualidade fisiológica de sementes, e por isso tem merecido permanente atenção aos testes de vigor de sementes (DEMINICIS *et al.*, 2009). O vigor das sementes pode ser determinado por diversos testes realizados em laboratório, contudo, grande parte deles é demorado e laborioso (MEDEIROS *et al.*, 2018), tornando-se as principais limitações (PINTO *et al.*, 2015).

Assim, com vistas a aumentar a rapidez da análise de vigor, pesquisas em tecnologia de sementes vêm avaliando procedimentos computadorizados (WENDT *et al.*, 2017). O principal desafio é identificar variáveis adequadas, comuns à deterioração das sementes, de forma que, quanto mais distante da perda da capacidade de germinação estiver a variável empregada, mais promissor será o teste.

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 analisar, de modo rápido, grande número de amostra (BRUNES *et al.*, 2016).

In this sense, computational resources for efficient evaluation of the physiological potential of seeds were studied by Alves *et al.* (2019), who used radiographic images of jiló (*Solanum gilo Raddi*) seeds, and concluded that the analysis of radiographic images allows the measurement of free internal areas. Marques *et al.* (2019) used the GroundEye® S800 system to differentiate species and development stages of inflorescences of everlasting flowers (“*sempre-vivas*”). For corn seeds, Castan *et al.* (2018) found equivalent results between the Vigor-S®, SVIS®, and vigor tests conventionally used. Vasconcelos *et al.* (2018) used GroundEye® to evaluate the quality of cabbage seeds.

Driven by the pursuit of automated procedures to assess the vigor of corn seeds, an image analysis system (SAS®) was developed, which evaluates the seeds and seedlings characteristics (ANDRANDE *et al.*, 2016). In 2019, evaluations were made on the GroundEye®, version L800, which is an image capture device composed of a conveyor belt and real-time video analysis connected to the software. Nevertheless, it is not known whether the vigor result provided by the GroundEye L800® system can be used in a seed analysis laboratory. Thus, this study aimed to evaluate the efficiency of the GroundEye L800® equipment to determine the vigor of seeds of the genetic category of corn.

MATERIAL AND METHODS

For this study, three experiments were conducted in a completely randomized design (CRD). In each, the treatments consisted of 36 seed batches (genetic/lineage), classified into three categories: high, medium, and low. In each category, 12 batches, previously analyzed in the laboratory, were used. It is noteworthy that for experiment 2 (seedling emergence test on a flower-bed) and for experiment 3 (Radicule emergence test) it used 35 genotypes, since genotype 17 did not develop normal seedlings, making it impossible to read the tests. And for the analysis in GroundEye®, 35 genotypes were also used, since genotype 11 presented problems in reading this test. As they are seeds of genetic category, with limited seed quantity, such tests could not be repeated for the genotypes described above.

Nesse sentido, recursos computacionais para avaliação eficiente do potencial fisiológico de sementes foi estudado por Alves *et al.* (2019), que utilizaram imagens radiográficas de sementes de jiló e concluíram que a análise das imagens radiográficas permite a mensuração das áreas internas livres. Marques *et al.* (2019) utilizaram o sistema Groundeye® S800 para diferenciar espécies e estádios de desenvolvimento de inflorescências de sempre-viva. Para sementes de milho, Castan *et al.* (2018) verificaram resultados equivalentes entre os softwares Vigor-S®, SVIS® e testes de vigor convencionalmente utilizados. Vasconcelos *et al.* (2018) usaram o Groundeye® para avaliação da qualidade de sementes de repolho.

Diante da busca por procedimentos automatizados para avaliação do vigor de sementes de milho, foi desenvolvido um sistema de análise de imagens (SAS®), que avalia as características de sementes e plântulas (ANDRANDE *et al.*, 2016). Em 2019, as avaliações foram feitas no GroundEye®, versão L800, que é um aparelho de captação de imagens, composto por esteira transportadora e análise em tempo real por vídeo, aliado ao software. Contudo, não se sabe se o resultado de vigor fornecido pelo sistema GroundEye L800® pode ser utilizado em laboratório de análise de sementes. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar a eficiência do equipamento GroundEye L800® para determinar o vigor de sementes de categoria genéticas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo foram conduzidos três experimentos, em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Em cada, os tratamentos consistiram de 36 lotes de sementes (genéticas/linhagens), sendo classificados em três categorias: alto, médio e baixo, para cada categoria foram empregados 12 lotes, previamente analisados em laboratório. Vale ressaltar que para o experimento 2 (teste de emergência de plântulas em canteiro) e para o experimento 3 (teste de emergência de radícula) foram utilizados 35 genótipos, visto que o genótipo 17 não desenvolveu plântulas normais, impossibilitando a leitura dos testes. E para a análise no GroundEye®, também foram utilizados 35 genótipos, uma vez que o genótipo 11 apresentou problemas na leitura deste teste. Por se tratarem de sementes de categoria genética, com quantidade limitada de sementes, tais testes não puderam ser repetidos para os genótipos descritos acima.

The germination test (Experiment 1) was conducted with 4 replications of 50 seeds from each batch, placed in a germinator cabinet at a temperature of 25 °C. The seeds were sown on a Germitest® paper substrate, in rolls, moistened with filtered water in an amount equivalent to 2.5 times the weight of the dry paper. The first germination count was conducted together with the germination test. The first count was carried out five days after the test was installed, and the results were expressed as a percentage of normal seedlings, according to the criteria established in the Rules for Seed Analysis (BRASIL, 2009).

In the seedling emergence test on a flower-bed (Experiment 2), a substrate composed of the mixture of sand + soil (ratio 2: 1) was used. The flower-bed was suspended, and the substrate was moistened to 60% of the field capacity. Then, for sowing, counters were used, and each treatment consisted of 4 repetitions of 50 seeds. After cultivation, the seeds were covered with a 2 to 3 cm layer of substrate and kept at room temperature (± 25 °C), with an irrigation frequency of twice a day. Germinated seeds were counted 10 days after sowing (DAS) and the results were expressed as the percentage of normal seedlings that had emerged. The soil characteristics used in this study are described in Table 1.

Radicle emergence test (TER) (Experiment 3), which consists of the evaluation of root growth (AOSA, 2020), is the usual vigor test of seed companies for internal quality control. For performing this test, an agar solution was deposited under a transparent acrylic tray, and two repetitions of 100 seeds per treatment were sown. After sowing, the trays were kept in a germinator cabinet and kept in a cold chamber at 14 °C. At seven DAS, the trays were inserted in imaging equipment, developed internally by Bayer, to analyze root length and determine vigor.

O teste de germinação (Experimento 1) foi conduzido com 4 repetições de 50 sementes de cada lote, acondicionadas em germinador, tipo gabinete à temperatura de 25 °C. As sementes foram semeadas em substrato papel germitest, em rolos, umedecido com água filtrada em quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. A primeira contagem da germinação foi conduzida juntamente com o teste de germinação, sendo a primeira contagem realizada aos cinco dias após a instalação do teste e os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, de acordo com critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

No teste de emergência em canteiro (Experimento 2), utilizou-se substrato composto pela mistura de areia + solo (na proporção 2:1). O canteiro era suspenso e o substrato foi umedecido a 60% da capacidade de campo. Para semeadura utilizou-se contadores e cada tratamento foi composto por 4 repetições de 50 sementes. Após o cultivo, as sementes foram cobertas com uma camada de 2 a 3 cm do substrato e mantidas à temperatura ambiente (± 25 °C), sendo irrigadas duas vezes ao dia. Aos 10 dias após a semeadura foi realizada a contagem das sementes germinadas e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais emergidas. As características do solo utilizado estão descritas na Tabela 1.

O teste de emergência radicular (TER) (Experimento 3), que consiste na avaliação do crescimento radicular (AOSA, 2020), é o teste de vigor usual de empresas de sementes para controle de qualidade interno. Nesse teste uma solução de ágar foi depositada sob bandeja de acrílico transparente e semeou-se duas repetições de 100 sementes por tratamento. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em germinador modelo gabinete e mantidas em câmara fria a 14 °C. Após sete dias da semeadura, as bandejas foram inseridas em equipamento de imagem, desenvolvido internamente pela Bayer, para análise do comprimento radicular e determinação do vigor.

Table 1 - Chemical and granulometric composition of the soil used in the seedling emergence test on a flower-bed. ^{1/}

Tabela 1 - Composições química e granulométrica do solo utilizado no teste de emergência em canteiro ^{1/}

Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	K ⁺	P ^{3/}	pH (water)
_____ cmol _c dm ⁻³		_____ mg dm ⁻³		1:2.5
-	1.3 ^{2/}	41.0	18.6	5.9
Coarse sand	Thin sand	Silt	Clay	Textural classification
_____ g kg ⁻¹				
644	67	47	242	Mean

^{1/}Análises conducted by the Soil Analysis Laboratory of the Federal University of Uberlândia, Uberlândia - MG. ^{2/}KCl Extractor 1 mol L⁻¹; ^{3/}Mehlich1 Extractor.

^{1/}Análises realizadas pelo Laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG. ^{2/}Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ^{3/}Extrator Mehlich1.

Then, the characterization of the batches was carried out by traditional tests. Additionally, the image analysis of the seedlings was performed using the GroundEye®, system, version L800, composed of a device for capturing information in real-time by video connected to the software.

The first group evaluated was the seedlings from the germination test. They were placed on the equipment belt. Normal and abnormal seedlings were used to calibrate GroundEye®. This device has a belt that rolls at constant speed allowing the movement of seedlings spaced apart. When sliding across the belt, images of the seedlings are captured by a high-resolution professional camera.

Vigor index was calculated by the software through inferences, using artificial neural networks that operate as simulators of multivariate nonlinear regression. The equipment automatically compares the vigor values calculated in tests performed in the laboratory with the values calculated by the software and provides the vigor results of the analyzed samples.

The results obtained for the germination test were submitted to analysis of variance ($p \leq 0.05$), with the aid of the Sisvar® software (FERREIRA, 2014). The Scott-Knott test was used to group the batches (36 batches) of seeds based on the germination percentage. For analyzing the difference between the methods, the T-Student test was performed for paired samples (p -value $< 5\%$). To perform the T-Student, 34 genotypes were considered, since it is a pairing test and to perform it, equivalent numbers of n are needed, so for such analysis, genotypes 11 and 17 were disregarded.

RESULTS AND DISCUSSION

By germination tests, it was possible to rank the batches (treatments) according to the initial quality. Although all batches had presented high levels (greater than 80%) for the genetic seed's category, they were separated into four levels of quality through the tests of means. Batch 35 had an inferior mean (Figure 1).

The results demonstrated that the batch performance varied between tests for physiological evaluation of seeds, since these tests evaluated different characteristics. Likewise, Caliari and Silva (2001), and Fessel *et al.* (2003), found differences in the performance of corn seeds when analyzing different vigor tests in the assessment of the physiological potential.

Após a caracterização dos lotes pelos testes tradicionais foi realizado a análise de imagem das plântulas empregando o sistema GroundEye®, versão L800, constituído de um aparelho de captação de informações em tempo real por vídeo, aliado ao software.

O primeiro grupo avaliado foi o das plântulas provenientes do teste de germinação, que foram colocadas na esteira do equipamento. Plântulas normais e anormais foram utilizadas para calibrar o GroundEye®. Esse aparelho contém uma esteira que rola em velocidade constante permitindo o movimento das plântulas espaçadas entre si. Ao deslizar pela esteira, imagens das plântulas são capturadas por uma câmera profissional de alta resolução.

O cálculo do vigor foi realizado pelo software por meio de inferências, utilizando as redes neurais artificiais que funcionam como simuladores de regressão não linear multivariada. O equipamento automaticamente compara os valores de vigor calculados nos testes feitos em laboratório com os valores calculados pelo software e fornece os resultados de vigor das amostras analisadas.

Os resultados obtidos para o teste de germinação foram submetidos a análise de variância ($p \leq 0,05$), com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2014). O teste Scott-Knott foi utilizado para agrupar os lotes (36 lotes) de sementes com base na porcentagem de germinação. Para analisar a diferença entre os métodos foi realizado o teste T-Student para amostras pareadas (p -valor $< 5\%$). Para a realização do T-Student, foram considerados 34 genótipos, por se tratar de um teste de pareamento e para realizá-lo são necessários números equivalentes de n , portanto, para tal análise, os genótipos 11 e 17 foram desconsiderados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o teste de germinação foi possível ranquear os lotes (tratamentos) quanto a qualidade inicial. Por meio do teste de média, os lotes foram separados em quatro níveis de qualidade, embora todos em níveis elevados (maior que 80%) para a categoria de sementes genéticas. O lote 35 apresentou a menor média (Figura 1).

O desempenho dos lotes variou entre testes para avaliação fisiológica de sementes, uma vez que esses testes avaliam características diferentes. Da mesma forma, Caliari e Silva (2001) e Fessel *et al.* (2003), encontraram diferenças no desempenho de sementes de milho, ao analisar diferentes testes de vigor na avaliação do potencial fisiológico.

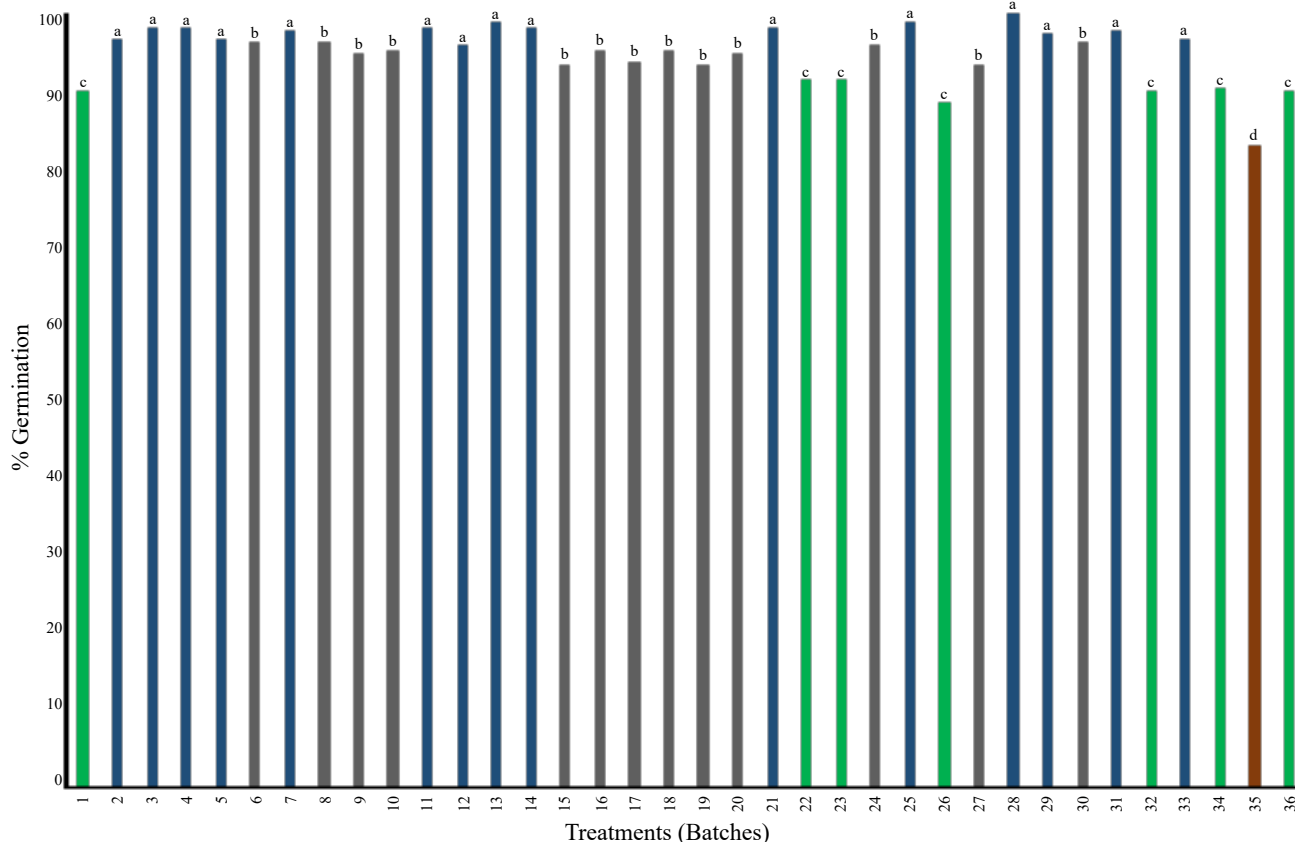


Figure 1 - Mean germination percentage in corn seeds of the genetic category.

*Averages followed by the same lowercase letter in the column and uppercase in the row, do not differ by the Scott-Knott test at 5%.

Figura 1 - Porcentagem média de germinação em sementes de milho da categoria genética.

*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

Table 2 - Results of T-test for contrasts between the GroundEye® methods, version L800 (L800), emergence test (flower-bed), and the radicle emergence test (TER)

Tabela 2 - Resultados do teste T para contrastes entre os métodos do GroundEye®, versão L800 (L800), Teste de emergência (Canteiro) e o Teste de emergência radicular (TER)

Evaluations	Paired Sample T-Test			Mean	Confidence Interval	
	Df*	Tc	P-value		Inferior	Superior
L800 vs. TER	33	3.254	0.003	0.07	0.023	0.120
Flower-bed vs. TER	33	1.997	0.045	0.06	-0.001	0.121
L800 vs. Flower-bed	33	0.878	0.386	0	-0.016	0.041

*Df = Degrees of freedom; Tc = T-Calculated.

*Gl = Graus de liberdade; Tc = T-Calculado.

Furthermore, using the seedling measurement method to determine the vigor (calculating the size of the plant structures of each seedling), the equipment allowed the analysis of batches in a fast, reliable, and standardized way, besides the batch's vigor information. The calibration efficiency was verified by comparing the results of the flower-bed test with the vigor index obtained automatically using GroundEye L800® (Table 2).

For supersweet corn, SVIS® was efficient for assessing seed vigor, providing a viable alternative for determining physiological potential (ALVARENGA *et al.*, 2012). Medeiros *et al.* (2018), assessing the Seedling Analysis System (Sistema de Análise de Plântulas - SAPL®), software for corn seeds, concluded that the image analysis in corn seedlings provided data compatible with those obtained in tests routinely used in the evaluation of seed vigor and, therefore, considered an efficient and fast technique.

Significant differences were also observed in the comparison between the flower-bed and TER methods (Table 2). On the other hand, the differences between the L800 and emergence on flower-bed methods were not significant (p -value greater than 5%, equal to 0.386), that is, the methods are the same.

The results showed differences in performance between the batches, in all seed vigor tests. Based on Figure 2, there is a similar behavior between most lots, except for batches 4, 22, and 23, between materials when analyzing the vigor by the bed test (emergence vigor) and by the GroundEye L800® (vigor L800).

Utilizando o método de medição de plântulas para determinação do vigor (calculando o tamanho das estruturas vegetais de cada plântula), o equipamento permitiu a análise de lotes de forma rápida, confiável e padronizada, além das informações de vigor do lote. A eficiência da calibração foi verificada comparando os resultados do teste de canteiro com o índice de vigor obtido automaticamente usando GroundEye L800® (Tabela 2).

Para milho superdoce, o SVIS® foi eficiente para avaliação do vigor de sementes, constituindo alternativa viável para a determinação do potencial fisiológico (ALVARENGA *et al.*, 2012). Medeiros *et al.* (2018), avaliando o software Sistema de Análise de Plântulas (SAPL) para sementes de milho, concluíram que a análise de imagem em plântulas milho forneceu dados compatíveis com aqueles obtidos nos testes rotineiramente utilizados na avaliação do vigor de sementes e, portanto, considerado uma técnica eficiente e rápida.

Diferenças significativas, também, foram observadas na comparação entre os métodos canteiro e TER (Tabela 2). Por outro lado, as diferenças entre os métodos L800 e emergência em canteiro, não foram significativas (p -valor maior que 5%, igual a 0,386), ou seja, os métodos são iguais.

Os resultados permitiram constatar diferenças de desempenho entre os lotes, em todos os testes de vigor das sementes. Com base na Figura 2 verifica-se comportamento semelhantes entre a maioria dos lotes, exceto para os lotes 4, 22 e 23, entre os materiais ao analisar o vigor pelo teste de canteiro (vigor emergência) e pelo GroundEye L800® (vigor L800).

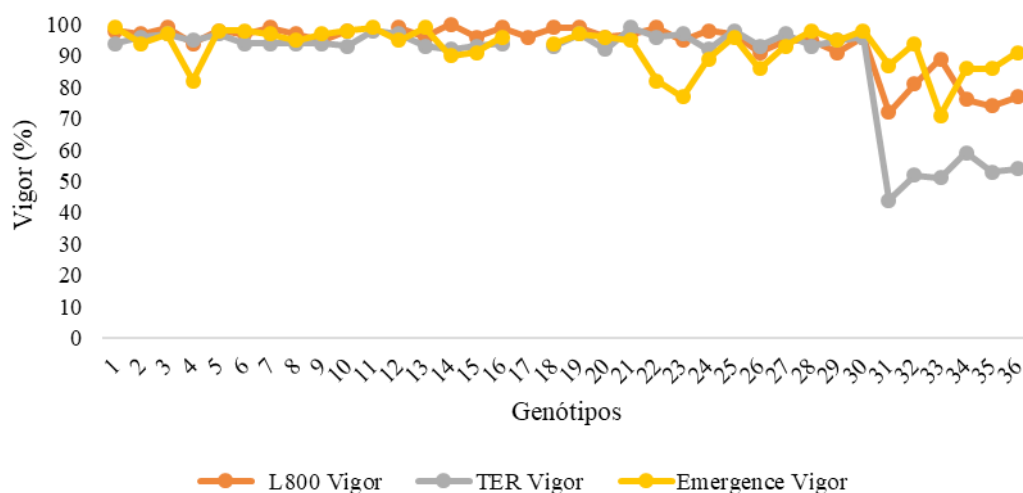


Figure 2 - Vigor of the 36 genotypes by the GroundEye L800®, RET, and Emergency tests at the flower-bed.
 Figura 2 - Vigor dos 36 genótipos pelos testes de GroundEye L800®, RET e Emergência em canteiro.

The study of the correlation between vigor tests with the establishment of seedlings in the field is frequently adopted to validate the potential behavior quantified in the laboratory (CARVALHO *et al.*, 2020; BRAZ; ROSSETTO, 2009; LEAL *et al.*, 2012).

In studies such as those by Alvarenga *et al.* (2012) with sweet corn seeds, and Otoni and McDonald (2005) with corn seeds, it was possible to verify the efficiency of seedling image analysis in assessing vigor. Pinto *et al.*, (2018) noticed efficiency in the use of SAS when adapting a methodology for corn seeds. Ferreira *et al.* (2020) verified the applicability of GroundEye® as a categorizer of Creole seeds; they concluded that this system was efficient for the selection of these seeds about their quantitative characters.

The new vigor test method with GroundEye L800® does not present a statistically significant difference when compared to the emergence on flower-bed results, which simulate field characteristics. Thus, the use of GroundEye L800® has shown that it has the potential to be used in laboratory routines, with a high degree of efficiency and precision, spending less time to complete the test. Moreover, the automation of these analyzes brings significant contributions and promising pathways for the seed technology area.

CONCLUSION

The GroundEye L800® equipment is promising for evaluating the physiological potential of corn seeds.

ACKNOWLEDGMENT

To Bayer Brazil – Crop Science and TBIT Tecnologia S.A.

O estudo da correlação entre testes de vigor com o estabelecimento de plântulas em campo é frequentemente adotado para validar o comportamento potencial quantificado em laboratório (CARVALHO *et al.*, 2020; BRAZ; ROSSETTO, 2009; LEAL *et al.*, 2012).

Em estudos como os de Alvarenga *et al.* (2012) com sementes de milho doce, e de Otoni e McDonald (2005) com sementes de milho foi possível verificar a eficiência da análise de imagem de plântulas na avaliação do vigor. Pinto *et al.*, (2018) constataram eficiência do uso do SAS ao adequar uma metodologia para sementes de milho. Ferreira *et al.*, (2020) verificaram a eficiência do GroundEye como categorizador de sementes crioulas, sendo eficiente para a seleção entre elas em relação aos seus caracteres quantitativos.

O novo método de teste de vigor com GroundEye L800® não apresenta diferença estatística significativa quando comparada aos resultados de emergência em canteiro, que simulam características de campo sendo assim, o uso do GroundEye L800® mostrou que tem potencial para ser utilizado em rotinas laboratoriais, com alto grau de eficiência e precisão, gastando-se menos tempo para a execução do teste. A automatização dessas análises traz significativas contribuições e caminho promissor para a área de tecnologia de sementes.

CONCLUSÃO

O equipamento GroundEye L800® é promissor para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho.

AGRADECIMENTOS

Bayer Brazil – Crop Science e TBIT Tecnologia S.A.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALVARENGA, R. O.; MARCOS-FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F. G. Avaliação do vigor de sementes de milho superdoce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 488-494, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000300017>
- ALVES, M. V. P.; VON PINHO, É. V. D. R.; ALVES, G. C. P.; DE CARVALHO, M. L. M.; DOS SANTOS, H. O. Image analysis in the evaluation of the physical and physiological quality of Jiló (*Solanum gilo*) seeds during development. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 35, n. 36, p. 1-10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v35i630219>
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigor testing handbook. Lincoln, 2020. 105 p. (Contribution, 48).
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: MAPA-ACS, 2009. 395 p.
- BRAZ, M. R. S.; ROSSETTO, C. A. V. Correlação entre testes para avaliação da qualidade de sementes de girassol e emergência das plântulas em campo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2004-2009, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000146>
- 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. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160044>
- CARVALHO, C.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; TREICHEL, M. **Anuário Brasileiro de Sementes**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2017.
- CARVALHO, R. E.; ROCHA, D. K.; ANDRADE, D. B. DE ; PIRES, R. M. O. ; PENIDO, A. C.; REIS, L. V. Phytotoxicity in soybean seeds treated with phytosanitary products at different application times. **Journal of seed science**, v. 42, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v38n4161760>
- CALIARI, M. F.; SILVA, W. R. Interpretação de dados de testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 1, p. 239-251, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100003>
- CASTAN, D. O. C.; GOMES JUNIOR, F. G.; MARCOS FILHO, J. Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 2, p. 167-172, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2016-0401>
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: v. 8 safra 2019/20 n. 11: décimo primeiro levantamento**. Brasília, DF: CONAB, 2019. Disponível em: https://www.conab.gov.br/.../safra/graos/...safra...graos/.../21709_4d6f8550138ed0389... Acesso em: 26 de outubro. 2020.
- DEMNICIS, B. B.; VIEIRA, H. D.; SILVA, R. F. D. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de *Clitoria ternatea* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 54-62, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- FERREIRA, O. J. M.; SANTOS ROCHA, L. A.; SILVA-MANN, R.; TORRES, M. F. O.; SOUZA, J. L.; JESUS DANTAS, S.; SANTOS, J. P. F. Tecnologia de Análise de Imagens para a Seleção de Sementes Crioulas de Milho. **Global Science and Technology**, v. 13, n. 2, 2020.
- FESSEL, S. A.; SADER, R.; PAULA, R. C. D.; GALLI, J. A. Avaliação da qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 2, p. 70-76, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222003000400010>
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **Handbook of Vigour Test Methods**. 3. ed. Zürich, 1995. 117 p.

MARQUES, E. R.; ASSIS, J. G.; BUSTAMANTE, F. O.; ANDRADE, D. B. D.; CARVALHO, M. L.; LOPES, C. A. Distinção de espécies e estádios de maturação de sementes de *Comanthera* spp. por análise de imagem e citometria de fluxo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 11-20, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18160>

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. 421-424, 2012.

MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D.; SILVA, J. A. Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, p. 1-7, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5540>

OTONI, R. R.; MCDONALD, M. B. Moisture and temperature effects on maize and soybean seedlings using the seed vigor imaging system. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 2, p. 243-247, 2005.

PINTO, C. A. G.; CARVALHO, M. L. M.; ANDRADE, D. B.; LEITE, E. R. Image analysis in the evaluation of the physiological potential of maize seeds. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 2, p. 319-328, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150011>

PINTO, C. A. G.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; DOURADO-NETO, D.; SILVA, C. B. D.; MARCOS-FILHO, J. Relationship between size and physiological potential of soya bean seeds under variations in water availability. **Seed Science and Technology**, v. 46, n. 3, p. 497-510, 2018. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2018.46.3.07>

TORRES, S. B.; BALBINO, D. A.; SANTOS, W. G.; NOGUEIRA, N. W.; FREITAS, R. M.; LEITE, M. S. Avaliação do vigor de sementes de rúcula pela atividade respiratória. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 561-564, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620160416>

VASCONCELOS, M. C.; COSTA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. S.; GRANJA, J. A. A.; GUIMARÃES, R. M. Radiography and biometric analysis of broadleaf vegetable seeds. **Revista de Ciências Agrárias/ Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

WENDT, L.; MATOS M. M.; LOPES D. J. A.; CONTRO M. U.; GUILHIEN GOMES JUNIOR, F. Relação entre testes de vigor com a emergência a campo em sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 166-171, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5435>