



## SISTEMA DE ANÁLISE AUTOMATIZADA DO VIGOR DE SEMENTES

*D.C. de Lima<sup>1</sup>, L.A. de C. Jorge<sup>2</sup>, E.L.L. Rodrigues<sup>1</sup>, F.G. Gomes-Junior<sup>3</sup>*

- (1) Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP), Avenida Trabalhador São-Carlense, nº 400, 13566-590, São Carlos, SP, daniel.caio@usp.br, evandro@sc.usp.br  
(2) Embrapa Instrumentação, Rua XV de Novembro, nº 1452, 13560-970, São Carlos, SP, lucio.jorge@embrapa.br  
(3) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), Avenida Pádua Dias, nº 11, 13418-900, Piracicaba, SP, francisco1@usp.br

**Resumo:** A análise da qualidade de sementes é de fundamental importância para o sucesso de empreendimentos agrícolas. Um dos métodos utilizados é a análise do vigor das sementes, que complementa o teste de germinação. Neste trabalho é descrito o desenvolvimento de um sistema para análise do vigor de sementes de soja e milho baseado no crescimento das plântulas. Os resultados preliminares apresentados são animadores, porém ainda é necessária a validação do *software* junto aos usuários.

**Palavras-chave:** vigor, soja, milho, imagem, *software*.

### **AUTOMATED SYSTEM OF SEED VIGOR ANALYSIS**

**Abstract:** Seed quality analysis is of a great importance to agricultural ventures' success. One method is the seed vigor analysis, which complements the germination test. This paper describes the development of a system that analyses the vigor of soybean and corn seeds based on seedlings growth. Preliminary results are encouraging, but it is still necessary to do software validation with users.

**Keywords:** vigor, soybean, corn, image, software.

### **1. Introdução**

O sucesso de empreendimentos baseados na comercialização de produtos agrícolas de origem vegetal necessita de fornecimento de sementes de alta qualidade, garantindo que o produtor obtenha plantas vigorosas e produtivas. Sendo assim, pesquisas relacionadas à área de sementes buscam oferecer ao produtor novas tecnologias para assegurar o bom desempenho das sementes sob diversas condições ambientais (COSTA, 2008).

Um dos métodos de análise de sementes mais conhecidos é o teste de germinação (BRASIL, 2009), porém é considerado incompleto, pois não leva em consideração a relação das sementes com o ambiente de semeadura ou aspectos fisiológicos das sementes. Assim, foram criados os testes de vigor, de modo a complementar os resultados dos testes de germinação. Segundo a AOSA (1983), vigor de sementes é um conjunto de características da semente que determinam o potencial para gerar plântulas normais sob um conjunto amplo de condições ambientais.

O 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 o auxílio de uma régua graduada em milímetros, sendo um processo demorado e subjetivo. Sendo assim, foram criadas soluções para automatizar o processo de análise de vigor de sementes. Em 1990, McCormac et al. descreve um sistema de visão computacional para avaliar o vigor de sementes de alfaca, porém, muito limitado. Sako (2000) desenvolveu um sistema de avaliação de vigor em plântulas de alfaca, no qual imagens eram capturadas por um *scanner* e era calculado o índice de vigor com base no crescimento e na uniformidade das plântulas. Sendo esta a metodologia a mais relevante, Hoffmaster et al. (2003) descreveu procedimentos para automatizar a avaliação do vigor em sementes de soja com base no sistema de Sako (2000), porém, com equações diferentes para os cálculos de crescimento e de uniformidade e com cinco métodos específicos para remover o cotilédones das plântulas. Outros trabalhos que envolvem aplicação de imagens na análise de sementes são brevemente descritos por Chaugule (2012).

O objetivo deste trabalho é propor uma nova metodologia para a análise automatizada do vigor de sementes de milho e de soja, dando continuidade a um trabalho anterior (LIMA et al., 2013), utilizando técnicas de processamento de imagens digitais, com principal ênfase nas metodologias testadas para a remoção do cotilédone das plântulas.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1. Germinação das sementes

As sementes foram germinadas no laboratório de sementes do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) em conformidade ao procedimento descrito pelas Regras para Análise de Semente (BRASIL, 2009). De forma geral, o procedimento consiste em colocar até 20 sementes devidamente posicionadas, com espaços bem definidos entre elas, sobre um papel de filtro. São realizadas várias repetições de 20 sementes para um mesmo lote, sendo que cada papel contendo as sementes é umedecido com água, enrolado e colocado em um saco plástico para conservar a umidade. Em seguida, as amostras são levadas ao germinador por um período que depende da espécie de semente (NAKAGAWA, 1999). No caso da soja e do milho, três dias de germinação foram suficientes.

Para avaliar o vigor de sementes, é medido o comprimento das partes componentes da plântula, hipocótilo e raiz primária, no caso da plântula de soja; e plúmula e raiz primária em plântulas de milho (Figura 1).

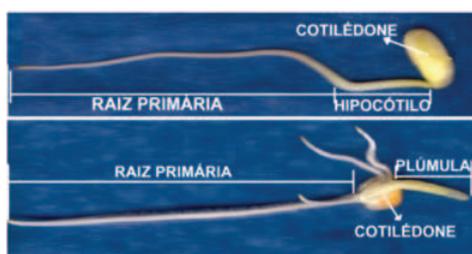


Figura 1. Plântulas de soja e milho e suas partes constituintes.

### 2.2. Aquisição das imagens

As imagens são capturadas por um *scanner* adaptado, assim como no trabalho de Sako (2000) e Hoffmaster (2004). O aparelho foi montado com a base para baixo no interior de uma caixa de alumínio, de modo que seja posicionado o rolo de papel aberto com as plântulas e fazendo com que a parte digitalizadora possa fazer a aquisição das imagens sem a interferência da iluminação externa. O dispositivo é mostrado na Figura 2.



Figura 2. *Scanner* adaptado para digitalização das imagens das plântulas.

As imagens obtidas para a utilização do software possuem resolução de 300 dpi (pontos por polegada) e valor 500 para a intensidade do brilho.

### 2.3 Desenvolvimento do Software

O *software* foi desenvolvido na linguagem de programação C#, utilizando como ambiente de desenvolvimento o Microsoft Visual Studio 2010<sup>1</sup>, além das bibliotecas de visão computacional AForge.Net<sup>2</sup> e Emgu CV<sup>3</sup>. O processamento das imagens se inicia na decomposição da imagem RGB capturada pelo *scanner* em seus canais componentes, criando imagens em níveis de cinza. Assim também é feito com a imagem convertida do modelo de cores RGB para o modelo de cores HSV. Através de exaustivas operações de soma e subtração entre estas imagens, obteve-se uma imagem segmentada e com características de contorno realçadas, sendo esta obtida pela equação (1). Após a segmentação, a imagem é transformada em uma imagem binária.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Disponível em: <http://www.microsoft.com/visualstudio/ptb/products/visual-studio-2010-express>

<sup>2</sup> Disponível em: <http://www.aforgenet.com/framework/downloads.html>

<sup>3</sup> Disponível em: [http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main\\_Page](http://www.emgu.com/wiki/index.php/Main_Page)

$$Img_{segmentada} = (Img_{canalG} - Img_{canalS}) + (Img_{canalG} - Img_{canalH}) \tag{1}$$

Na equação (1), temos  $Img_{canalG}$ ,  $Img_{canalS}$ ,  $Img_{canalH}$ , são, respectivamente, imagens em nível de cinza para o canal G do modelo RGB e dos canais S e H do modelo HSV.

A próxima etapa do processamento é a remoção dos cotilédones que é feita através de técnicas de morfologia matemática (FACON, 1996) (GONZALES e WOODS, 2010), que mais especificamente são as técnicas de afinamento e abertura. As plântulas presentes na imagem são individualmente submetidas ao processo de afinamento com 25 iterações do algoritmo *Hit-or-Miss*, fazendo com que a raiz da plântula fique com largura de um *pixel* e que o cotilédone fique com uma região mais espessa na imagem. Cada plântula é submetida ao processo de abertura que resulta em uma imagem que contém apenas a região do cotilédone. A partir das imagens resultantes do afinamento e da abertura, é feita a operação lógica Ou-Exclusivo (XOR) entre as duas imagens, resultando em imagens que só possuem as estruturas importantes, possibilitando assim mensurá-las e avaliar o vigor do lote. Nas plântulas de soja, a identificação do hipocótilo e da raiz primária é feita com o auxílio da transformada de distância euclidiana, na qual se identifica o ponto com maior espessura na raiz plântula, definido pelos especialistas como sendo o ponto de transição entre as partes.

Após mensuradas as estruturas, o vigor das sementes é calculado. Algumas das equações para o cálculo do índice de vigor, como a equação de Crescimento e Índice de Vigor, são encontradas em Sako(2000) e Lima et al. (2013), porém, a equação de Uniformidade utilizada foi uma adaptação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (RODRIGUES et al, 2001).

$$Uniformidade = MAX \left( 0, \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n \times \bar{x}} \right) \times 1000 - Penalização \right) \tag{2}$$

$$Penalização = n_{mortas} \times \left( \frac{50}{n_{total}} \right) \tag{3}$$

Na equação (2),  $x_i$  é o comprimento da plântula analisada,  $\bar{x}$  é o comprimento médio do lote de sementes analisado e a variável  $n$  é a quantidade de plântulas presente na imagem analisada. A penalização representada pela equação (3) é utilizada para lotes com presença de sementes não germinadas ou mortas, sendo calculada em função do número de sementes que não germinaram ( $n_{mortas}$ ) e do número total de plântulas ( $n_{total}$ ).

### 3. Resultados e Discussão

A Figura 4 mostra o resultado do processamento da imagem de um lote de sementes de soja previamente classificado com alto índice de vigor. O sistema utiliza-se do mesmo critério utilizado por Sako (2000) e Hoffmaster (2004) para classificar o crescimento, a uniformidade e o índice de vigor do lote de sementes.

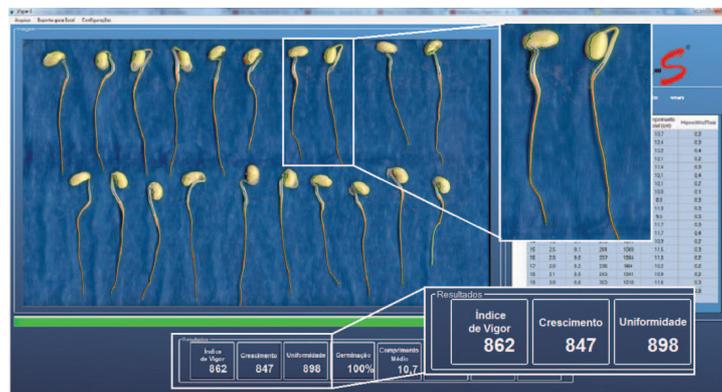


Figura 4. Resultado do processamento das imagens das plântulas de soja.

Pode ser observado na Figura 4 que o índice de vigor encontrado para o lote analisado foi de 862, valor considerado alto na escala de 0 a 1000 (Sako, 2000), valor semelhante aos encontrados previamente por análises. O método de remoção do cotilédone deste trabalho, por ser apenas um em comparação aos 5 métodos de Hoffmaster et al. (2004), também gerou resultados animadores, com média de 91,11% de cotilédones removidos corretamente.

Os resultados dos testes com lotes de milho são mostrados na Figura 5. Foi escolhida uma imagem para ilustrar o resultado final do processamento do *software*.

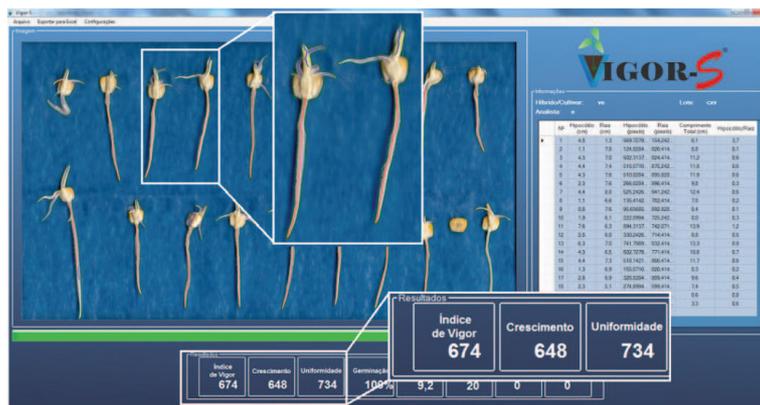


Figura 5. Resultado do processamento das imagens de plântulas de milho.

Observando-se a Figura 5, compreende-se que o índice de vigor obtido pelo *software* para esta amostra foi de 674, devido ao baixo crescimento das plântulas, porém, em várias delas ocorreu a perda de estruturas, como parte da raiz primária ou ausência da plúmula, que visivelmente estão presentes na imagem.

#### 4. Conclusões

Observando-se os resultados, pode-se concluir que a abordagem para a análise do vigor em plântulas de soja apresenta resultados preliminares considerados animadores, sendo importante destacar o fato de que neste novo trabalho é utilizado apenas um método para remoção dos cotilédones, com uma grande taxa de acerto. Ainda é necessário explorar mais a análise do milho de modo a resolver o problema da perda de parte da informação durante o processamento da imagem e até mesmo, elaborar uma nova metodologia na qual seja possível analisar o comprimento da plúmula por inteiro, já que por esta abordagem parte desta estrutura é removida durante a extração do cotilédone. Ainda serão realizados testes com um conjunto maior de imagens, assim como, a validação do *software* junto aos usuários.

#### Agradecimentos

Agradecemos à FAPESP pelo financiamento de parte dessa pesquisa e ao Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” (ESALQ-USP) pelo fornecimento das imagens.

#### Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigour testing handbook. East Lasing, 1983. 88p. (Contribution, 32).
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília. 2009. 395p.
- COSTA, C. J. A importância do controle de qualidade de sementes. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 2 p. (Embrapa Cerrados, Artigo de divulgação na mídia). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/571758>>. Acesso em 13 ago. 2014.
- CHAUGULE, A. Application of Image Processing in Seed Technology: A Survey. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, v. 2, p. 153-159, 2012.
- FACON, J. Morfologia Matemática: Teoria e Exemplos. Curitiba: Editora Universitária Champagnat da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 1996.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Processamento digital de imagens. 3ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- HOFFMASTER, A. L.; FUJIMURA, M. B.; MCDONALD, M. B.; BENNETT, M. A. An Automated System for Vigor Testing Three-Day-Old Soybean Seedlings. The Ohio State University. 2003.
- HOWARTH, M. S.; STANWOOD, P. C. Measurement of Seedling Growth Rate by Machine Vision. Transactions of American Society of Agricultural Engineering. v.36, n.3, p.959-963, 1993.
- LIMA, D. C. ; RODRIGUES, E. L. L. ; JORGE, L. A. C. . Application of Image Processing Techniques to Automate the Seed Vigor Assessment Process in Soybean Seedlings. In: Workshop de Visão Computacional, 2013, Rio de Janeiro. Anais IX WVC 2013, 2013.
- MCCORMAC, A. C.; KEEFE, P. D.; DRAPER, S. R. Automated vigour testing of field vegetables using image analysis. SeedSci. & Technol, p.103-112. 1990.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho da plântula. In: RYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES. p.2:1- 2:21, 1999.
- SAKO, Y. Systems for Seed Vigor Assessment and Seed Classification. Ohio State University. 2000.