

CIRCULAR TÉCNICA

ISSN 1413-9545
agosto, 1998

Número 9/98

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS EM LOTES DE SEMENTES DE
MILHO ATRAVÉS DO SIARCS 3.02**

Lúcio André de Castro Jorge
Pedro Abel Vieira Júnior
Evandro Chartuni Mantovani



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Rua XV de Novembro, 1452 - Caixa Postal 741 - CEP 13560-970 - São Carlos - SP

Telefone: (016) 274 2477 - Fax: (016) 272 5958

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS EM LOTES DE SEMENTES DE MILHO ATRAVÉS DO SIARCS 3.02

Lúcio André de Castro Jorge¹
Pedro Abel Vieira Júnior²
Evandro Chartuni Mantovani³

Introdução

O homem desenvolveu ferramentas mecânicas a mais de um milhão de anos, entretanto, a produção de alimentos cultivados, atividade fundamental para a sua sobrevivência, tornou-se prática ao redor de três mil anos passados.

O advento do primeiro microcomputador em um único circuito integrado, no ano de 1971, iniciou uma revolução tecnológica que hoje aloca os dispositivos eletrônicos microprocessados em praticamente todas as atividades humanas, sendo sua presença nos dias atuais facilmente notada em diversas atividades, a exemplo da indústria, no comércio, na medicina e etc. É reconhecido que com o desenvolvimento de equipamentos eletrônicos sofisticados e a custos ínfimos, a atividade produtiva humana repetitiva e mecânica será substituída por equipamentos, provocando a redução no custo dos produtos industriais, a exemplo do processo de automação robótica que vêm ocorrendo na indústria automobilística (McDonald & Chen, 1990; Wayner, 1996).

A presença da tecnologia de ponta no meio agrícola está cada vez mais marcante. Muitos equipamentos e métodos tradicionais têm sido substituídos por sistemas de medidas eletrônicos microprocessados e técnicas apuradas para obtenção

¹ Embrapa Instrumentação Agropecuária, R. XV de Novembro, 1452 – Cx Postal 741 – CEP 13560-970 – São Carlos – SP

² Embrapa Sementes Básicas, Sete Lagoas – MG

³ Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas - MG

e análise de dados. A presença de microcomputadores na agropecuária está assumindo uma importância cada vez maior. Muitos equipamentos e métodos tradicionais têm sido substituídos por sistemas de medição eletrônicos e técnicas sofisticadas para obtenção e análise de dados, como o processamento de imagens digitais.

O presente trabalho tem por objetivo abordar alguns aspectos relacionados com a análise de imagens digitais, através de procedimentos computacionais, e suas aplicações na atividade de produção de sementes.

Visão Computacional

A visão é considerada como o sentido mais eficiente que o ser humano dispõe para receber informações a respeito do ambiente que o cerca. Os raios luminosos refletidos pelas superfícies dos objetos são focalizados pelo cristalino do olho para estimularem células nervosas localizadas sobre a superfície da retina e sensíveis à intensidade e ao comprimento de onda da luz, denominadas por cones e bastonetes. Os cones e bastonetes transformam as respectivas informações em sinais nervosos, os quais são remetidos ao cérebro pelo nervo óptico para serem processados. Existem várias teorias de compreensão do processamento de imagens pelo cérebro; uma abordagem interessante é considerar que o cérebro armazena dados para efetuar uma comparação entre a informação recebida e alguns padrões de situações semelhantes armazenados (Facon, 1996).

Os sistemas de processamento de imagens representam a busca do ser humano em automatizar o sentido da visão. Para a aquisição das imagens, foram desenvolvidos equipamentos baseados em sensores, a exemplo dos cones e bastonetes do olho humano, que permitem a transformação da intensidade do sinal luminoso em sinal elétrico, os CCDs ("charge coupled devices"). O CCD é um sensor eletrônico capaz de produzir um sinal elétrico proporcional à intensidade de luz recebida. O processamento de

imagens digitais, segundo Kranzier (1985), pode ser dividido em três categorias: análise de imagens, visão robótica e inspeção.

O objetivo da análise de imagens é a extração de atributos empregados na modelagem geométrica de uma imagem digital. A rigor a análise de imagens envolve técnicas de extração, segmentação e classificação de atributos. O processamento de imagens tem por objetivo melhorar as imagens, ou seja, realçar alguma característica, retirar ruídos, dentre outras, para então ser feita a análise.

A análise de imagens através de sistemas artificiais visam, com o auxílio do conhecimento de diversas áreas a exemplo da biologia, matemática, física, etc., obter um conjunto de procedimentos para dar suporte às aplicações práticas desempenhadas pelo ser humano. Cita-se, como exemplo, a automatização de processos de controle de qualidade. Através da análise de imagens é possível analisar as formas e dimensões de objetos contidos em uma cena ou imagem (MacDonald & Chen, 1990). Alguns exemplos práticos de aplicações na agricultura são a quantificação de doenças foliares e danos causados por insetos herbívoros em folhagens, a determinação das dimensões de órgãos de uma planta e a avaliação de sistemas radiculares, entre outras, são exemplos de aplicações da análise de imagens na agricultura (Kranzier, 1985; Vooren & Heijden, 1993; Crestana et al, 1994).

Com relação à análise de sistemas radiculares, recentemente a EMBRAPA lançou o sistema computacional SIARCS 3.0[®] dedicado à análise de imagens digitais de raízes e cobertura vegetal. O sistema permite realizar medidas de comprimento, área e distribuição de sistemas radiculares (Jorge & Crestana, 1996).

Imagem e imagem digital

A luz é a energia radiante que se move em ondas. Uma imagem pode ser entendida como um conjunto de estímulos luminosos refletidos por um objeto que vão de encontro ao

sistema visual. Portanto, uma imagem pode ser representada por uma função $C(x, y, t, \lambda)$, em que C representa a distribuição espacial de energia, ou cor, nas coordenadas espaciais \underline{x} e \underline{y} , ao tempo \underline{t} e comprimento de onda $\underline{\lambda}$ (Gonzalez & Wints, 1977; Pratt, 1978).

Os cones e bastonetes do olho humano são estimulados por comprimento de onda compreendidos aproximadamente nas faixas de 400 a 500, 500 a 600 e 600 a 700 nm, correspondendo respectivamente às cores azul, verde e vermelha, ou cores básicas. Considerando que um ponto de coordenadas espaciais \underline{x} e \underline{y} pode apresentar vários \underline{C} a intervalos de \underline{t} menores do que a capacidade de percepção e processamento do sistema visual, então, uma imagem colorida é composta por uma mistura dos três estímulos referentes às radiações azul, verde e vermelha. O modelo baseado no sistema visual humano utilizado para representar as cores é denominado de modelo RGB (Pratt, 1978).

O sistema visual humano é capaz de perceber bilhões de cores, ao serem considerados a matiz, a saturação e o brilho. Já os sistemas artificiais atuais baseados no modelo RGB são bastante limitados, quando comparados ao visual humano. Considerando o modelo RGB, a mistura com intensidades iguais das cores básicas resultam em diferentes tonalidades da cor cinza, a mistura de máximas intensidades das cores básicas resulta na cor branca e, a ausência de radiação resulta na cor preta (Pratt, 1978).

Uma imagem monocromática é representada pela função $C(x, y)$, pois assume-se $\underline{\lambda}$ como constante e conseqüentemente não há a necessidade de considerar \underline{t} . Em geral, uma imagem monocromática refere-se apenas a níveis de cinza. Neste caso, \underline{x} e \underline{y} representam as coordenadas espaciais do ponto e \underline{C} a intensidade, ou o brilho, ou ainda, o nível de cinza para aquele ponto (Gonzalez & Wints, 1977).

A imagem digital colorida é uma imagem $C(x, y)$ que pode ser analisada em termos de coordenada espacial e cor. Pode-se considerar uma imagem digital como uma matriz em que os

índices das linhas e colunas identificam um ponto na imagem, e o correspondente valor de C identifica a cor para aquele ponto. O elemento da matriz é chamado de "pixel", ou elemento de imagem (Gonzalez & Wintz, 1977; Cruvinel et al, 1996).

O número de linhas da matriz de "pixels" e o número de colunas são chamados de resolução vertical e horizontal, respectivamente. O produto das resoluções vertical e horizontal é chamado de resolução espacial, ou simplesmente resolução. A resolução espacial da imagem é diretamente proporcional ao número de detalhes possíveis de serem identificados na imagem. A resolução espacial em termos absolutos não representa a resolução real da imagem distinguida pelo sistema visual humano, em razão da não determinação da dimensão real do "pixel". Uma medida mais confiável de resolução é fornecida pela densidade de resolução da imagem, determinada em número de "pixels" por unidade de medida linear. Em geral, emprega-se o número de "pixels" por polegada, ppi ("pixels per inch") e dpi ("dots per inch") (Pratt, 1978; Cruvinel et al, 1996).

Denomina-se resolução de cor ao número de bits (b) utilizados para armazenar o vetor de cor de cada "pixel" da imagem (Cruvinel et al, 1996) e os níveis de cinza (L) são estimados pela equação $L = 2^b$, citada em (Pratt, 1978). Em geral, as imagens digitais são apresentadas nos formatos de oito e vinte e quatro bits resultando, respectivamente, em 256 e 16.777.216 níveis de cinza ou cores.

Os sistemas atualmente disponíveis permitem trabalhar com: um bit, reproduz todas as tonalidades e cores em preto ou branco; oito bits, reproduz as tonalidades e cores originais usando 256 níveis de cinza; 24 bits RGB, reproduz a imagem em três canais com oito bits cada, ou seja, 16.777.216 cores.

O número máximo de cores fica limitado pela capacidade de armazenamento dos equipamentos; a busca é a relação entre a capacidade máxima de armazenamento e processamento dos equipamentos e o total de cores requeridos pelo trabalho.

Digitalização de imagens

O processo de digitalização de imagens pode ser feito com emprego de “scanners” ou de placas digitalizadoras conectadas a uma filmadora (Cruvinel et al, 1996).

A adequada digitalização da imagem é, sem dúvida, fundamental para a futura análise da imagem digital. A qualidade dos CCDs empregados na fabricação do scanner é fundamental para a resolução da imagem digitalizada. Entretanto, outros fatores contribuem, como luminosidade ambiente, posição do objeto sobre o vidro e qualidade do vidro. Um fenômeno comum é a formação de sombras, que podem ser comparadas ao olho humano observando um objeto em diferentes ângulos, formando imagens com diferentes formas e dimensões (Ihrig & Ihrig, 1997).

Técnicas de processamento da imagem digital

Esta etapa não é obrigatória para a análise da imagem digital, mas muitas vezes é necessária. O pré-processamento permite realçar detalhes da imagem, adequá-la à análise e corrigir defeitos e imperfeições que surgem durante a sua digitalização, em função das características do sistema, iluminação ambiente, etc. (Facon, 1996).

Várias são as técnicas de pré-processamento, entretanto, abordaremos apenas algumas de interesse ao presente trabalho como: conversão da imagem, binarização da imagem e separação de objetos.

Uma imagem pode ser digitalizada com resoluções de cores entre dois e vinte e quatro bits, sendo sua definição proporcional ao aumento da resolução. Entretanto, o aumento da resolução afeta a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento da imagem, ou ainda, os sistemas de análise de imagens operam com resolução limitada, a exemplo do SIARCS 3.0[®] que opera em 256 cores. Em alguns casos, esta limitação pode ser contornada digitalizando a imagem com maior resolução e a seguir convertendo-a para menor resolução com emprego de

sistemas específicos. O modelo de redução de cores utilizado é chamado de subdivisão recursiva pelo corte mediano (Day, 1997).

A binarização é uma técnica implementada no sistema SIARCS 3.02[®], que pode segmentar a imagem, selecionando objetos de interesse. A técnica consiste na utilização de um filtro "thresholding", que permite separar na imagem os "pixels" que representam os objetos de interesse com base na avaliação do nível de cinza, ou cor, de cada "pixel". Em uma tabela de cores, que representa todas as cores contidas na imagem, são selecionadas as cores do objeto que se deseja destacar, substituindo-as por uma cor escolhida. Posteriormente, efetua-se a binarização, que consiste na transformação dos "pixels" selecionados para a cor preta e o restante dos "pixels" para a cor branca.

Como inconveniente da técnica destaca-se que, como a seleção é baseada em cores dos "pixels", são selecionados todos os "pixels" que apresentam as cores selecionadas, inclusive aqueles não pertencentes ao objeto desejado. No caso de sementes de milho, é comum serem selecionados e binarizados resíduos destacados da semente durante sua manipulação sobre o "scanner".

Quando os objetos em análise se encontram juntos, a separação é realizada por um algoritmo que permite a erosão das bordas da imagem do objeto, como empregado por Shatadal et al (1995) para desconectar grãos de cereais em imagens digitais.

Técnicas de Análise da Imagem Digital

A análise da imagem consiste na obtenção de informações a respeito de objetos presentes em uma imagem digital, com base em algumas características como cor, textura, etc.

Dentre as técnicas empregadas na análise de imagem, destacam-se, para este trabalho, a seleção de objetos e o cálculo de momentos. A seleção de objetos aplica-se em uma imagem binarizada, discriminando-se os objetos presentes e atribuindo-lhes um índice, num processo de rotulação dos objetos.

A partir da seleção de objetos, conhecendo-se a resolução da imagem e quantificando os “pixels” do objeto, é possível estimar sua área e dimensões, também chamados de momentos. Vooren & Heijden (1993) aplicando a técnica chamada de erosão, que permite obter a imagem do esqueleto central do objeto, estimaram o comprimento e área de vagens de feijão. O comprimento das vagens foi considerado como o comprimento dos esqueletos, estimados usando o algoritmo “corner-count” proposto por Vossepoel & Smeuders (1992). A área foi estimada pela equação $A = \frac{\pi}{4} \times E \times e$, na qual A representa a área da elipse que melhor descreve a vagem, E e e o maior e menor eixo da elipse, respectivamente.

Momentos são descritores de objetos geométricos. Exemplos desses descritores são a área e a forma da região, ou objeto. No SIARCS 3.02, os momentos implementados foram: a área do objeto, seu centro de massa, largura e comprimento.

Dada uma imagem de tamanho $M \times N$, os momentos principais m_{pq} , onde p e q são os índices que definem o tipo de momento, são dados por:

$$m_{pq} = \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N i^p j^q f(i, j)$$

Sendo $f(i,j)$ os valores da imagem no ponto (i,j) . Se a imagem for binária, com os pixels do objeto R tendo intensidade “1”, podemos substituir a função acima por:

$$m_{pq} = \sum_{i,j \in R} i^p j^q$$

A área do objeto R é dada pelo momento zero, ou seja:

$$A = m_{00} = \sum_{i,j \in R} 1$$

O centro de massa (x, y) do objeto R é dado por:

$$x = (m_{10} / m_{00})$$

$$y = (m_{01} / m_{00})$$

Os momentos centrais μ_{pq} são dados por:

$$\mu_{pq} = \sum_{i,j \in R} (i - x)^p (j - y)^q$$

O ângulo θ entre o eixo principal e a horizontal é dado por

$$\theta = \frac{1}{2} \tan^{-1} [2 \mu_{11} / (\mu_{20} - \mu_{02})]$$

Obtendo o ângulo θ acima, as equações dos eixos principais com inclinação θ são dadas por

$$\alpha = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$\beta = -x \sin \theta + y \cos \theta$$

Os valores de α_{\min} , α_{\max} , β_{\min} , β_{\max} para os pontos (x, y) de R serão as coordenadas do menor retângulo que engloba a região, sobre os eixos α , β . O comprimento C e a largura L do retângulo são

$$C = \alpha_{\min} - \alpha_{\max}$$

$$L = \beta_{\min} - \beta_{\max}$$

Após a seleção dos objetos, os momentos são calculados para cada objeto, podendo ser gravados em arquivo ou visualizados na tela.

Análise de imagens de sementes

O início da agricultura confunde-se com a descoberta da função geratriz da semente, aproximadamente a 10.000 anos. Desde então, a semente tem sido um elemento fundamental para a agricultura, pois ela representa o potencial produtivo da planta e, recentemente com o advento da engenharia genética, ela serve como veículo para a alteração de todo um sistema produtivo. Todas as práticas e insumos empregados na agricultura permitem a máxima expressão do potencial contido na semente, ou seja, nenhuma prática agrícola pode melhorar o rendimento da cultura além do limite imposto pela semente. Portanto, para que a semente cumpra o seu nobre papel, é importante que os lotes destinados à comercialização mantenham os seus atributos genéticos, físicos e fisiológicos (Delouche & Potts, 1974).

A produção de sementes é uma atividade extremamente técnica e laboriosa, uma vez que manipulam seres vivos em condições ambientais as mais variadas possíveis e, principalmente durante a fase campo, em sua maioria incontroláveis, notadamente em condições tropicais, como é o caso do Brasil, nas quais os fatores bióticos são exacerbados.

Apesar do setor sementeiro movimentar mais de US\$ 1 bilhão anualmente, a necessidade de programas e instrumentos adequados para as condições tropicais com que defrontamos é premente. Ressalta-se o fato de em determinadas situações as perdas atingirem 20% (Andreoli et al., 1995). Muitos fatores contribuem para tal realidade durante o processo produtivo, tais como fatores ambientais, métodos de colheita, processos de secagem e beneficiamento, condições de armazenamento e transporte, entre outros. A maioria das empresas produtoras de sementes está consciente dos problemas, entretanto, não dispõe de métodos rápidos, exatos e repetitivos para avaliação dos atributos de um lote de sementes (Andreoli et al., 1995; Toledo & Marcos Filho, 1977).

Apesar do grande potencial que a área da tecnologia e produção de sementes representa para a análise de imagens, poucos trabalhos e equipamentos têm sido desenvolvidos nesta área, quando comparados com outras, a exemplo da agrometeorologia e solos.

Os atributos genéticos de um lote são determinados basicamente por aspectos morfológicos das sementes, destacando-se cores de tegumentos, do material de reserva - endosperma e cotilédones, respectivamente para gramíneas e leguminosas - e de estruturas como hilo e xalasa. Com a evolução da engenharia genética e biotecnologia, é possível a identificação de espécies e variedades presentes em uma amostra pela análise do material genético ou sua expressão (Brasil, 1992).

Com relação às dimensões das sementes, Vieira Jr. (1998) empregando o sistema SIARCS 3.02[®], determinou as dimensões de comprimento e largura de sementes de milho digitalizadas com o emprego de um "scanner" de mesa na resolução de 200 ppi,

obtendo precisão das medidas de 0,05mm quando comparadas a um instrumento de medição reconhecidamente exato e preciso, independente da ordenação das sementes sobre o vidro do "scanner". O trabalho concluiu ser possível a substituição, com vantagens, do teste de retenção de peneiras, comumente empregado para avaliação da classificação de sementes de milho, pela técnica de análise de imagens.

Com relação à cor das sementes, característica importante para identificação de espécies e cultivares, Kranzier (1985), cita diversos trabalhos nos quais, empregando-se a técnica de análise de imagens, foi possível a identificação de diferentes espécies, componentes de uma amostra, com base na cor de suas sementes.

Atributos físicos e genéticos

A análise dos atributos físicos e genéticos de um lote de sementes é baseada principalmente em caracteres morfológicos das frações componentes da amostra. Dentre os atributos físicos do lote destacam-se as dimensões, a cor e a forma da semente, a presença de impurezas tais como restos vegetais, pedras, partículas de solo, esclerócitos, frações de sementes menores que sua metade e etc., e a presença de sementes de outras espécies, notadamente espécies daninhas (Brasil, 1992).

Atributos fisiológicos

Os atributos fisiológicos de um lote de sementes são responsáveis pelo sucesso durante a implantação de um campo. A probabilidade de sucesso é maior empregando-se sementes de alta qualidade fisiológica. Fatores da semente como reserva de nutriente, perfeita formação do embrião e tecidos de reserva, presença de danos mecânicos, ataque de pragas e presença de patógenos são responsáveis pela sua qualidade fisiológica, entendendo-se qualidade fisiológica como a resultante da

interação entre a capacidade de germinar e o seu vigor (Bewley & Black, 1994).

Com relação ao dano mecânico, é possível o emprego da análise de imagens para a avaliação de danos mecânicos em sementes de soja e sementes de milho. Para sementes de soja, as sementes danificadas apresentam alteração na forma e para sementes de milho, as sementes devem ser embebidas em soluções que reajam com o endosperma e apresentem cor distinta das estruturas da semente, a exemplo de solução "Fast Green", para então se observar os efeitos do dano.

Com relação ao ataque de pragas e a presença de patógenos em sementes, pode-se proceder a avaliação a partir da análise de cores das sementes.

Estão descritos na literatura vários testes para avaliação da qualidade fisiológica de um lote de sementes. Brasil (1992), descreve o teste de germinação para várias espécies e recomenda-o para estabelecer parâmetros de comparação dos resultados entre lotes em razão de sua alta repetibilidade. A limitação do teste é a necessidade de treinamento específico do analista para interpretação das plântulas denominadas normais e anormais. Entende-se como plântulas normais aquelas que apresentam as estruturas mínimas necessárias para o estabelecimento da plântula.

Com relação ao teste de germinação, à semelhança do banco virtual de sementes, é possível o desenvolvimento de um banco virtual de plântulas normais e anormais para diversas espécies.

O agravante com relação aos testes normalmente efetuados, é o fato de não serem rápidos o suficiente para tomadas de decisão durante o processo produtivo e nem sempre apresentam boa correlação com o desempenho das sementes a campo.

Em razão da necessidade de tomadas de decisão, desenvolveram-se alguns testes rápidos para avaliação da qualidade fisiológica das sementes como o teste do pH do exudato e o teste de condutividade elétrica. Entretanto, estes

testes além de exigirem condições e equipamentos especiais não possuem características de repetibilidade e exatidão para serem adotados como procedimento padrão.

Andreoli (1995) cita o teste de tetrazólio como eficiente e dos mais empregados pelas empresas produtoras de sementes de soja durante a fase de recebimento na unidade de beneficiamento de sementes. Também observou significativa redução no descarte de lotes de semente de soja, após o beneficiamento, quando empregou-se durante a fase de recebimento o padrão mínimo de 80% de germinação, aferido pelo teste de tetrazólio.

O teste de tetrazólio é um método que em algumas horas estima a viabilidade de germinação das sementes com base na alteração da coloração dos tecidos vivos, em presença de uma solução de sal de tetrazólio. O sal de tetrazólio é um indicador oxidante e redutor. Este teste é baseado na atividade desses sistemas de enzimas desidrogenases, as quais tornam-se inativas com a perda de viabilidade dos tecidos das sementes. As enzimas desidrogenases estão envolvidas com processos respiratórios dos sistemas biológicos; íons de hidrogênio são transferidos para o tetrazólio, reduzindo-o e adquirindo coloração vermelha. Como esta reação ocorre no interior da célula e o pigmento não é difusível, há um delineamento nítido entre tecido vivo (coloração vermelha) e morto (não ocorre alteração de cor) (Figura 1). A distribuição das áreas vivas e mortas pode ser visualizada e, em função de sua localização, permite avaliar a viabilidade das sementes (Dias e Barros, 1995).

O teste de tetrazólio não requer equipamento complexo, entretanto, exige bom conhecimento de morfologia de semente por parte do analista e seu resultado é bastante subjetivo. A subjetividade do teste provoca variações de resultados entre analistas, em função da dificuldade de visualização das estruturas da semente, notadamente em sementes pequenas, e da interpretação das tonalidades da cor vermelha (Dias e Barros, 1995).

Howarth & Stanwood (1993) demonstraram ser possível reconhecer as estruturas de sementes de milho com emprego do teste de tetrazólio e da análise de imagens.

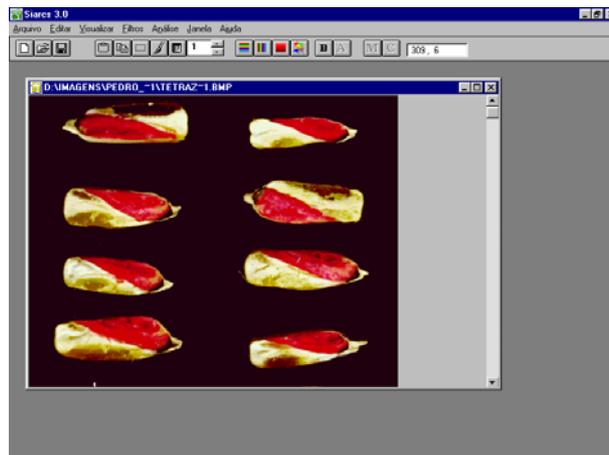


Figura 1: Imagem de sementes com tetrazólio.

A técnica de análise de imagens apresenta a vantagem adicional de permitir automatizar o sistema de análise em lotes de sementes, possibilitando a obtenção das seguintes informações:

- valores médios dos parâmetros analisados;
- distribuição de frequência e das amplitudes dos parâmetros analisados nas sementes;
- aferição da classificação comercial.

Sugere-se o emprego da técnica de análise de imagens para avaliação dos seguintes atributos de um lote de sementes:

- físicos: teor de material inerte, sementes de outras espécies e/ou outras cultivares, e o índice de sementes danificadas por insetos;
- fisiológicos: índice de danos mecânicos, interpretação do teste de tetrazólio e avaliação do teste de germinação;

- sanidade: avaliação do índice de sementes com a presença de patógenos que afetem as características morfológicas da semente.

As sugestões acima citadas são apenas alguns exemplos de aplicações práticas possíveis da técnica de análise de imagens para a produção de sementes. Entretanto, é possível sugerir o desenvolvimento de uma infinidade de novas aplicações práticas para a análise de imagens na produção de sementes ao considerarmos técnicas não destrutivas de aquisição de imagens, a exemplo de tomografia de resolução micrométrica e ressonância nuclear magnética, que permitam obter imagens de estruturas vitais das sementes como as estruturas do embrião. Outra aplicação a ser considerada é a interpretação de testes sobre a constituição genética, a exemplo da eletroforese e outras técnicas afins, campo que deverá apresentar grande demanda de tecnologia com a recente promulgação da lei de proteção de cultivares e recentes avanços em engenharia genética e biotecnologia.

Módulo para análise de Sementes - SIARCS 3.02

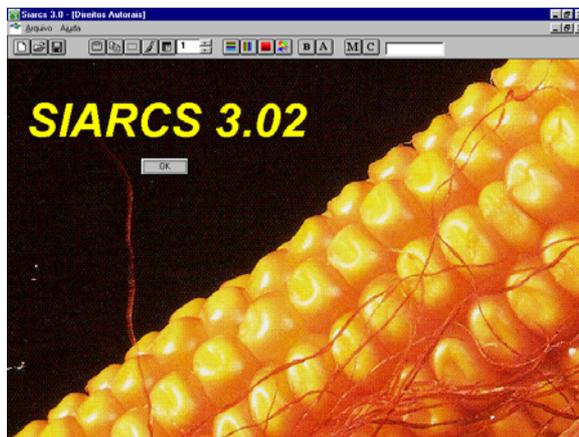


Figura 2: Tela Principal do Software

Passos para análise de sementes:

- Abertura da Imagem

A imagem utilizada no SIARCS 3.02 é uma imagem no formato Bitmap do Windows (.BMP) de 8 bits, ou seja, 256 cores.

Apesar de utilizar uma imagem de 256 cores, esta deve ser obtida em 24 bits, 16 milhões de cores, e posteriormente convertida. Esta conversão deve ser feita de forma criteriosa para que não se perca a qualidade da imagem.

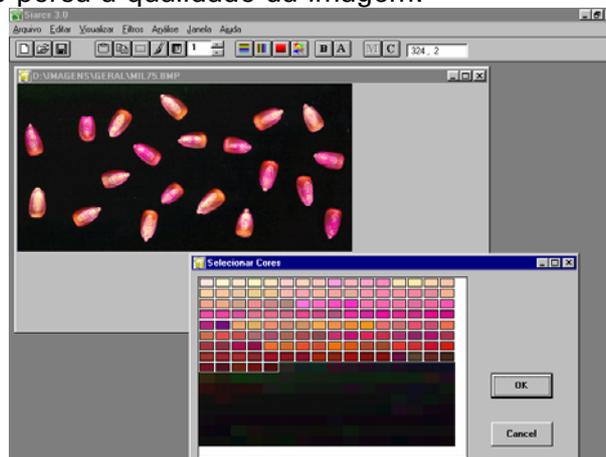


Figura 3: Tela com uma Imagem de semente de milho, e uma tela com todas as 256 cores da imagem, através da qual se faz a seleção das cores de interesse para separar as sementes para análise.

- Binarização da Imagem

O processo de binarização visa obter uma imagem em preto e branco, onde o preto são as sementes e o branco o fundo. Depois da seleção de cores numa das 4 tabelas de cores presentes no SIARCS 3.02, utiliza-se o comando para binarizar, resultando numa imagem binária.

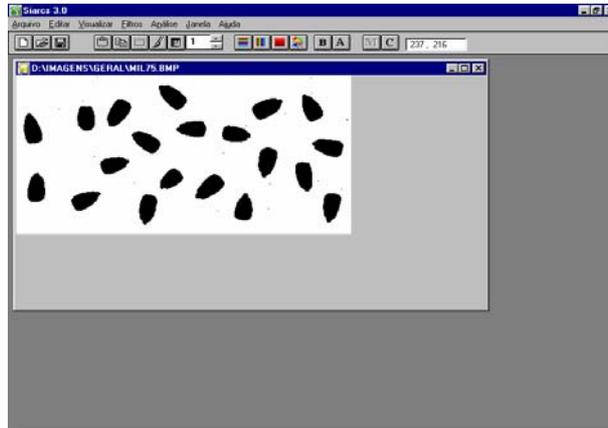


Figura 4: Tela com a imagem binária, utilizada para na análise das sementes. Todo o processo de seleção até a binarização é denominado de processamento da imagem digital.

- Definição das classes de sementes

Uma vez identificada a variedade de semente, podem-se estabelecer classes padrões cujos valores são utilizados no processo de análise de classificação das sementes de milho, por largura e comprimento.

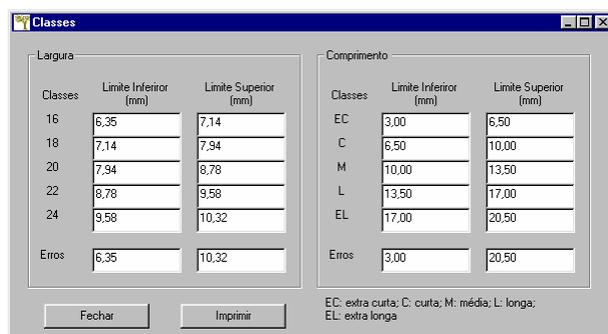


Figura 5: Tela de definição das classes de comprimento e largura das sementes de milho da Embrapa, através da tecla "F1".

- Seleção das Sementes

A seleção das sementes é feita diretamente com a tecla "F2". Neste caso, inicia-se a análise das sementes, classificando-as de acordo com os seus momentos. Podem ser opcionais todos os momentos. No caso do retângulo circunscrito à semente, têm-se os valores de comprimento e largura das mesmas.

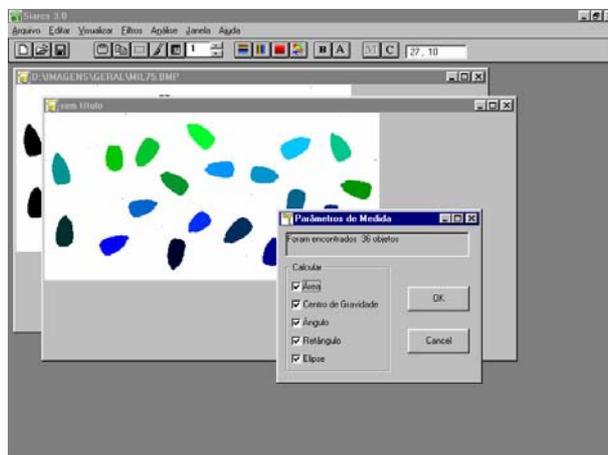


Figura 6: Figura com as sementes identificadas. Também é apresentada a tela para seleção dos momentos.

- Cálculo dos momentos e apresentação dos resultados

Uma vez selecionados os resultados, estes podem ser visualizados de três formas. Nestas, são vistos os resultados de todos os momentos calculados, em pixels, podendo-se selecionar uma escala manualmente, visualizar os resultados apenas de comprimento e largura em milímetros, e por fim, observam-se os resultados por classes definidas.

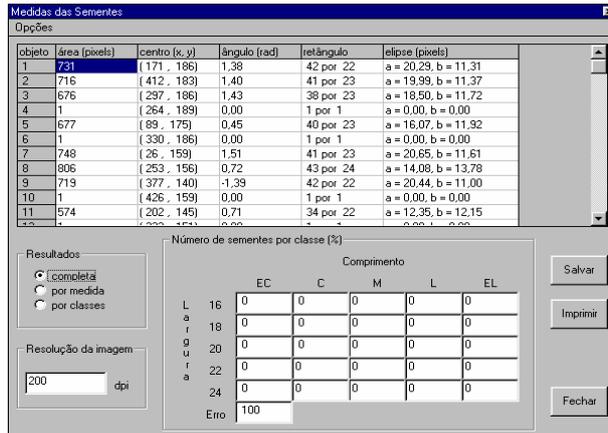


Figura 7: Tela com resultados de todos os momentos em pixels.

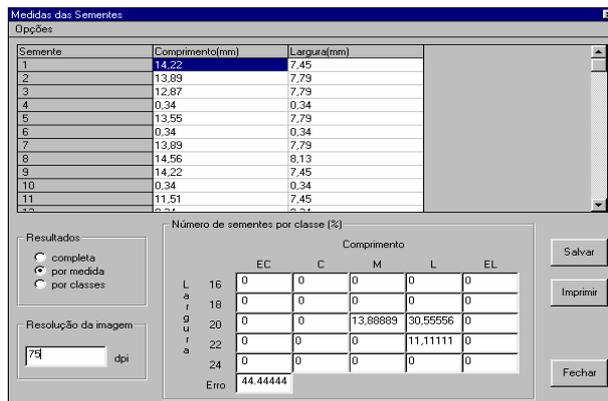


Figura 8: Tela com resultados em milímetros. Neste caso a definição da resolução em dpi torna-se fundamental.

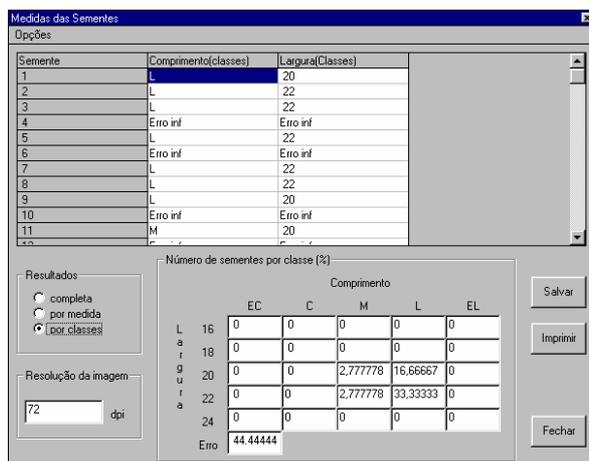


Figura 9: Tela com resultados por classes.

Os resultados são armazenados em um arquivo .TXT e pode ser utilizado em qualquer outro programa para análise.

Referências Bibliográficas

- ANDREOLI, C.; ANDRADE, R.V.; AZEVEDO, J.T.; BORBA, C.S. Teste de tetrazólio no recebimento de sementes de soja. **Informativo ABRATES**, v.5, n.1, p.59-61, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MARA/SNAD/LANARV, 1992. 365p.
- CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.3, p.365-372, 1994.
- CRUVINEL, P.E.; CRESTANA, S.; JORGE, L.A.C. Métodos e aplicações do processamento de imagens digitais. In: CRESTANA, S.; CRUVINEL, P.E.; MASCARENHAS, S.; BISCEGLI, C.I.; MARTINETO, L.; COLNAGO, L.A., ed. **Instrumentação agropecuária: contribuições no limiar do novo século**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.91-151.

- DAY, J.B. **Color scanning handbook**. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, 1997. 267p.
- DELOUCHE, J. C.; POTTS, H.C. **Programa de sementes: planejamento e implantação**. Brasília: AGIPLAN, 1974. 124p.
- DIAS, M.C.L.L.; BARROS, A.S.R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1995. 43p. (IAPAR.Circular 88).
- FACON, J. Oportunidades do processamento de imagens na pesquisa agropecuária. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA-SIAGRO, 1996, São Carlos, SP. **Anais do I SIAGRO**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p.31-38.
- GONZALEZ, R.C.; WINTZ, P.A. **Digital image processing**. Reading: Addison-Wesley, 1987. 431p.
- HOWARTH, M.S.; STANWOOD, P.C. Tetrazolium staining viability seed test using color image processing. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.6, P.1937-1940, 1993.
- IHRIG, S.; IHRIG, E. **Scanning: the professional way**. Berkeley: Osborne McGraw-Hill, 1997. 148p.
- JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: CONGRESSO LATINO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia, SP. **Solo Suelo 96**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.5. CD-ROM.
- KRANZIER, G.A. Applying digital image processing in agriculture. **Agricultural Engineering**, St. Joseph. v.66, n.3, p.11-13, 1985.
- McDONALD. T.; CHEN, Y.R. Application of morphological image processing in agriculture. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.33, n.4, p.1345-1352, 1990.
- PHARMACIA BIOTECHnology. **Evaluation systems eletrophoresis**. 1997. p.525-527.
- PRATT, W.K. **Digital image processing**. New York: J. Wiley, 1978. 750p.
- SAHTADAL, P.; JAYAS, D.S.; BULLEY, N.R. Digital image analysis for software separation and classification of touching grains: disconnect algorithm. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.38, n.2, p.635-643, 1995.

- TOLEDO, F.F.; MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes**: tecnologia da produção. São Paulo: CERES, 1977. 224p.
- WAYNER, P. How microchips shok the world. **Byte**, Petesborough, v.21, n.12, p.68-74, 1996.
- VIEIRA JUNIOR, P.A. **Emprego da técnica de análise de imagens na determinação do comprimento e da largura de sementes de milho**. Piracicaba, 1998. 153p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- VOOREN, J.G.; HEIJDEN, G.W.A.M. Measuring the size of French beans with image analysis. **Plant Varieties and Seeds**, Oxford. v.6, p.47-53.1993.
- VOSSEPOEL, A.M.; SMEUDERS, A.W.M. Vector code probability and metrication error in the representation of stright lines of finite lenght. **Computer Graphics and Image Processing**, San Diego, v.20, p.347-364, 1982.