

METODOLOGIA COM BASE EM IMAGENS BINÁRIAS OBTIDAS COM LIMIAR FIXO PARA CLASSIFICAÇÃO DE PLANTAS DE MILHO ATACADAS POR *Spodoptera frugiperda*

D. G. SENA JUNIOR¹, F. A. C. PINTO², D. M. QUEIROZ³, R. L. GOMIDE⁴

Escrito para apresentação no
XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2002
Salvador-BA, 29 de julho a 02 de agosto de 2002

RESUMO: Na agricultura os diagnósticos visuais são muito utilizados para tomada de decisão por parte do produtor. Acredita-se que os sistemas de visão artificial apresentam um grande potencial de utilização, especialmente na área de agricultura de precisão. Um passo muito importante no processamento de imagens é a segmentação dos objetos de interesse e uma das técnicas mais empregadas para geração de imagens binárias é a limiarização. O objetivo deste trabalho foi propor e avaliar uma metodologia para criação de imagens binárias utilizando um limiar fixo a partir de imagens processadas pelo índice do excesso de verde normalizado. Foram utilizadas imagens de plantas atacadas e não atacadas pela lagarta do cartucho obtidas em três intensidades de iluminação. As imagens criadas com o limiar fixo foram comparadas com as imagens criadas pelo método iterativo de limiarização e apresentaram exatidão global superior a 99% em 720 imagens. As imagens binárias do limiar fixo permitiram a classificação das plantas como atacadas e não atacadas com exatidão acima de 95%.

PALAVRAS-CHAVE: Processamento de imagens, visão artificial, agricultura de precisão.

METHODOLOGY BASED ON BINARY IMAGES CREATED WITH A FIXED THRESHOLD FOR *Spodoptera frugiperda* DAMAGED CORN PLANTS CLASSIFICATION

SUMMARY: Visual diagnosis are very usual in agriculture to make decisions. Thus, Machine vision systems have a great potencial, specially in precision agriculture. A very important step in image processing is the objects segmentation and one of the most used techniques is thresholding. The objective of this work was to propose and evaluate a thresholding method on excess green index using a fixed threshold. Were used images of damaged and not damaged corn plants by the fall armyworm obtained in three light intensities. The images created with the fixed threshold were compared to the binary images created with the iterative thresholding method. The accuracy was higher than 99%. The binary images of the fixed threshold correctly classified more than 95% of 720 images.

KEYWORDS: Image processing, machine vision, precision agriculture.

INTRODUÇÃO: A agricultura de precisão, que busca adequar as práticas agrícolas às exigências de parcelas dos talhões, tem como objetivos reduzir a contaminação ambiental e racionalizar o uso dos fatores de produção mantendo a lucratividade do empreendimento agrícola. Diagnósticos visuais são muito utilizados na agricultura, de modo que sistemas de visão artificial (SVA) apresentam grande

¹ Estudante de doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. CEP 36.571-000, Viçosa – MG. Fone: 31-3899 2853. E-mail: ms19630@correio.ufv.br

² Professor Adjunto, DEA/UFV. Viçosa – MG. E-mail: facpinto@ufv.br

³ Professor Adjunto, DEA/UFV. Viçosa – MG. E-mail: queiroz@ufv.br

⁴ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG. E-mail: gomide@cnpmc.embrapa.br

potencial de utilização como sensores (PINTO et al., 2001), integrando câmeras a computadores e extraindo das imagens as informações necessárias. No entanto o desafio do desenvolvimento de um SVA para agricultura é grande, especialmente devido às condições ambientais e de iluminação a que são submetidos os equipamentos. Uma das principais pragas na cultura do milho no Brasil, a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (CRUZ, 1995) apresenta características favoráveis ao controle localizado por um SVA: baixa mobilidade na cultura, distribuição espacial em reboleiras (VIANA, 2000) e identificação de plantas atacadas visualmente. Em algoritmos de processamento das imagens a limiarização é um passo importante. Nesta técnica, um valor é estabelecido (limiar) e os pixels que apresentam valores inferiores e superiores ao limiar são agrupados em duas classes diferentes. Para obtenção de imagens binárias de boa qualidade há a necessidade de minimizar os efeitos da iluminação sobre os valores dos pixels. SENA JR. (2002) utilizou o índice do excesso de verde normalizado para o processamento de imagens de plantas atacadas e não atacadas pela lagarta do cartucho e avaliou dois métodos automáticos de limiarização, com resultados satisfatórios em relação ao limiar manual. Uma vez que o tempo de processamento é crucial em um SVA, o objetivo deste trabalho foi propor uma alteração no algoritmo utilizado por SENA JR (2002) e avaliar a classificação de plantas atacadas e não atacadas utilizando-se um valor de limiar fixo.

MATERIAL E MÉTODOS: Trinta plantas de milho foram cultivadas em vasos em condições de casa-de-vegetação nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. Quinze dias após a emergência, 15 plantas foram infestadas por lagartas de *Spodoptera frugiperda* recém eclodidas. As imagens coloridas RGB foram obtidas em oito épocas distintas e em três intensidades de iluminação artificial, perfazendo um total de 720 imagens. Utilizou-se uma câmera digital DUNCANTECH, modelo MS3100, conectada a um microcomputador por meio de uma placa de aquisição de vídeo da National Instruments, modelo PCI 1424. As imagens foram processadas no Laboratório de Projeto de Máquinas e Visão Artificial do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, utilizando o programa computacional MATLAB com o pacote de ferramentas para processamento de imagens. As imagens originais foram processadas com o índice do excesso de verde normalizado, de acordo com a equação

$$Evd = \frac{2 \cdot Vd - Vm - Az}{Vm + Vd + Az} \quad (1)$$

em que: Evd representa o excesso de verde normalizado; Vd o valor do pixel na banda verde; Vm o valor do pixel na banda vermelha; e Az o valor do pixel na banda azul.

SENA JR. (2002) promoveu a transformação das imagens para 256 tons de cinza atribuindo ao valor mínimo de pixel na imagem o valor zero e ao máximo na imagem o valor 255. Com o objetivo de padronizar a transformação das imagens utilizou-se neste trabalho o mínimo e o máximo teoricamente possíveis nas imagens processadas: -1 e 2, respectivamente, de acordo com a equação

$$Evd_t = \frac{Evd - (-1)}{(2) - (-1)} \cdot 255 \quad (2)$$

em que: Evd_t representa o valor do pixel na imagem transformada; e Evd o valor do pixel na imagem processada. Promoveu-se a limiarização automática das 720 imagens transformadas utilizando-se o algoritmo iterativo (YANG et al., 2001). O valor da média aritmética dos valores dos limiares obtidos pelo método automático foi utilizado como limiar fixo para segmentar as mesmas imagens. As imagens binárias obtidas pelo método automático foram consideradas a referência para avaliação das imagens binárias do limiar fixo. A exatidão global da classificação foi determinada como a porcentagem de pixels corretamente classificados em relação ao número total de pixels na imagem. Realizada a limiarização das imagens, procedeu-se à filtragem com um filtro mediana de 3x3 e a subdivisão da imagem em blocos de 300x300 pixels. Realizou-se o descarte de blocos com mais de 95% de pixels de solo e a contagem dos objetos nos blocos restantes. De acordo com o número de objetos nos blocos, as plantas foram classificadas como atacadas ou não atacadas (SENA JR., 2002). Foram avaliados oito valores de número de objetos nos blocos como limiar para classificação das plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 1 ilustra o processamento da imagem de uma planta atacada pela lagarta do cartucho utilizando o índice do excesso de verde normalizado. Esse índice foi eficaz para realçar as folhas das plantas, tornando os pixels mais claros do que o solo, o vaso e injúrias provocadas pela lagarta (Figura 1b). O histograma da imagem processada e transformada para 256 tons de cinza (figura 1c) apresenta-se claramente bimodal, permitindo a segmentação das folhas dos demais pixels por meio de um limiar, para criar a imagem binária (Figura 1d).

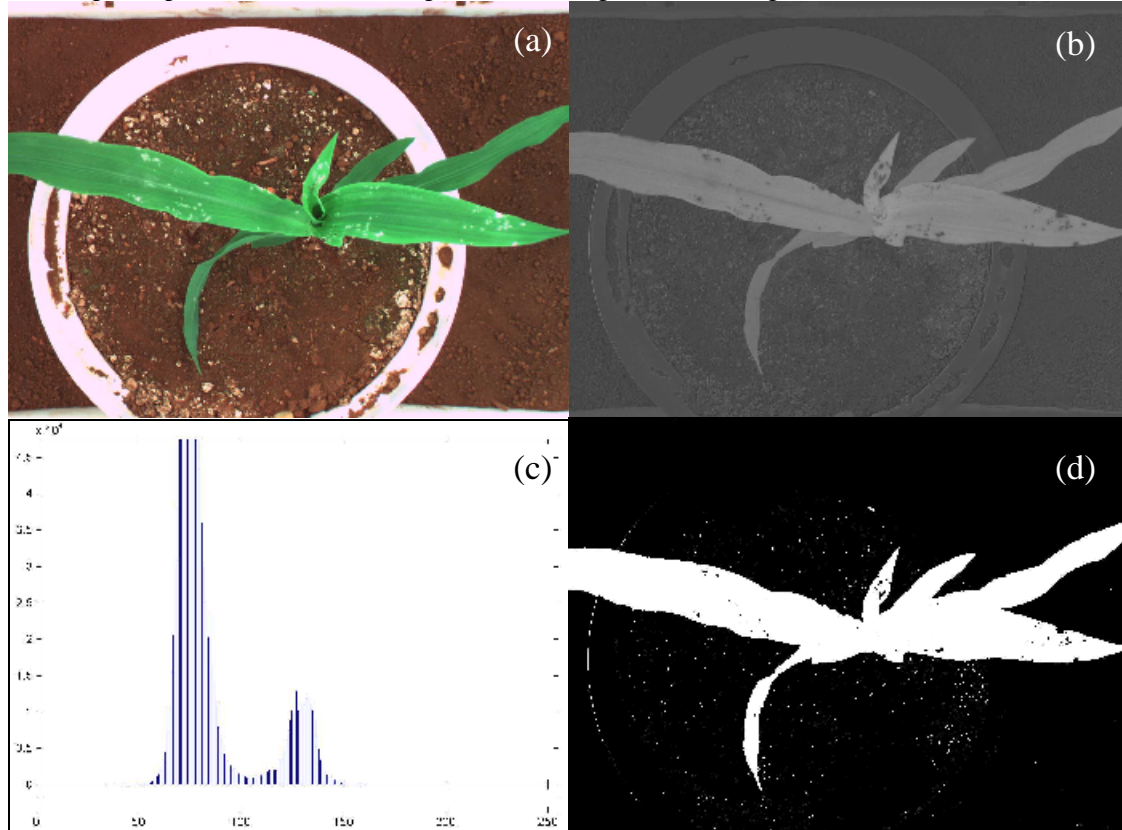


Figura 1 - Imagem original (a); imagem processada com o índice do excesso de verde normalizado e transformada para valores de 0 a 255 (b); histograma da imagem transformada(c); imagem binária criada pela segmentação com o limiar fixo (d).

A Tabela 1 apresenta os resultados da exatidão global das imagens binárias criadas com o limiar fixo para plantas atacadas, não atacadas e total, em relação às imagens binárias criadas com o método iterativo de limiarização. O resultado da exatidão global mostrou que as imagens binárias criadas com o limiar fixo foram semelhantes às imagens do método automático de limiarização, com mais de 99% dos pixels classificados da mesma forma para todas as 720 imagens. Os resultados da exatidão global para plantas atacadas foram ligeiramente inferiores aos de plantas não atacadas. Possivelmente, esse resultado ocorreu devido à presença das injúrias provocadas pela lagarta do cartucho, acarretando maior número de objetos e, conseqüentemente, maior número de pixels de transição entre objetos.

Tabela 1 - Resultados da exatidão global das imagens binárias criadas com o limiar fixo em relação às imagens binárias criadas com o método iterativo de limiarização para plantas não atacadas, atacadas e total.

	Plantas não atacadas	Exatidão global (%)	
		Plantas atacadas	total
Valor médio	99,92	99,82	99,87
Desvio padrão	0,046	0,176	0,137

A Tabela 2 apresenta os resultados da classificação das 720 imagens binárias criadas com o limiar fixo utilizando os oito valores do número de objetos que apresentaram menor erro de classificação em um grupo de imagens teste. Houve a tendência de redução no erro total de classificação à medida que se aumentou o número de objetos aumentando, entretanto, a percentagem de erro no grupo de plantas atacadas. Esse tipo de erro é indesejável pois deixar de aplicar o inseticida em uma planta atacada é mais grave do que o inverso. O valor considerado mais adequado foi o de 11 objetos, que apresentou erro geral da classificação de 4,44% e erro no grupo de plantas atacadas de 5,56%, mantendo uma boa proporção entre os dois grupos. Resultados similares foram encontrados por SENA JR. (2002), que, utilizou um método de limiarização automático e classificou as plantas como atacadas e não atacadas utilizando o valor de 10 objetos com erros de 5,28%.

Tabela 2 - Resultados da classificação de 720 imagens binárias criadas com o limiar fixo utilizando os valores 8,9,10,11,12,13,14 e 15 como limiar para classificação das plantas.

Nº de objetos como limiar	Erro de classificação (%)							
	8	9	10	11	12	13	14	15
Plantas atacadas	2,78	4,17	5,00	5,56	6,11	7,50	8,33	8,61
Plantas não atacadas	21,94	13,61	6,39	3,33	2,22	1,39	0,83	0,83
total	12,36	8,89	5,69	4,44	4,17	4,44	4,58	4,72

CONCLUSÕES:

- O resultado da exatidão global, comparando as imagens binárias criadas com o limiar automático e as imagens binárias criadas com o limiar fixo, mostrou as imagens eram semelhantes, com mais de 99% dos pixels classificados da mesma forma para 720 imagens.
- O método de transformação das imagens para 256 tons de cinza proposto, mostrou-se eficiente para padronizar a transformação, permitindo a utilização de um valor de limiar fixo e classificando de forma satisfatória as plantas utilizando as imagens binárias criadas por este método.
- O valor mais adequado de número de objetos como limiar nos blocos para utilização com o limiar fixo foi 11 objetos, que apresentou um dos menores valores do erro geral de classificação das plantas como atacadas e não atacadas, mantendo ainda uma boa proporção de erro entre os dois grupos.
- À medida que se aumentava o valor do número de objetos como limiar houve a tendência de diminuir o erro de classificação de plantas não atacadas e aumentar o erro de classificação de plantas atacadas.

AGRADECIMENTOS: Ao Banco Mundial e Embrapa, pelos recursos para esta pesquisa, por meio do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB Projeto 030-01/99). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento concedido ao primeiro autor durante o curso de mestrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CRUZ, I. A lagarta do cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS,. 42P. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 21). 1995.
- PINTO, F.A.C.; SENA JR, D.G.; QUEIROZ, D.M.; GOMIDE, R.L.; Visão artificial na agricultura de precisão. In: III Simpósio sobre agricultura de precisão, 2001, Piracicaba, Anais... Piracicaba.
- SENA JR., D.G. Sistema de visão artificial para identificação de plantas de milho atacadas pela lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) Viçosa: UFV, 2002. 71p. Dissertação Mestrado.
- VIANA, P.A. Manejo de pragas na cultura do milho. in: XXIII congresso nacional de milho e sorgo, resumos expandidos, Uberlândia, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2000.
- YANG, X; BEYENAL, H.; GARY H.; LEWANDOWSKI, Z. Evaluation of biofilm image thresholding methods. Wat. Res. Vol. 35, p 1149-1158, 2001.