

Método de reconhecimento de padrões de plantas invasoras de folhas largas e estreitas da cultura do milho (*Zea mays* L.) baseado no uso de informações de textura e visão computacional

Paulo E. Cruvinel*¹, Décio Karam²*

¹ Pesquisador, Embrapa Instrumentação, São Carlos, SP, Brasil

² Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, Brasil

*e-mail: cruvinel@cnpdia.embrapa.br; karam@cnpmc.embrapa.br

Resumo: É conhecido o fato de que o rendimento de uma cultura de milho (*Zea mays* L.) pode variar dependendo das espécies de plantas invasoras envolvidas, como também do seu número por área, período de competição, estágio de desenvolvimento da cultura e das condições de edafo-climáticas. Na cultura do milho a aplicação de herbicida de forma localizada e em taxa variável pode trazer subsídios ao produtor para que se possam minimizar os impactos econômicos e ambientais, bem como maior competitividade. Este trabalho apresenta um método baseado em visão computacional para a construção de mapas de aplicação de herbicida em taxa variável dedicado a plantas invasoras de folhas largas e estreitas da cultura do milho.

Palavras-chave: agricultura de precisão, planta invasora, produção de milho, tomada de decisão, visão computacional.

*A pattern recognition method for weeds in a maize crop (*Zea mays* L.) based on both geometries of the narrow and broad leaves, the information of texture, and use of computer vision*

Abstract: It is well known that the yield of a crop of corn (*Zea mays* L.) may vary depending on the weed species involved, as well as the number of plants per area, competition period, stage of culture development, and due to soil and climatic conditions. In the management of the herbicide in maize culture the application can be based on the weed localization and with variable rate. Using such procedure the producer may find benefits to minimize the economic and environmental impacts, as well as to increase competitiveness. This paper presents a method based on computer vision to construct maps georeferenced for herbicide application, which are function of the geometric information of the weed leaves, broad or narrow leaves format, present in the crop field.

Keywords: precision agriculture, weed, corn production, decision making, computer vision.

1. Introdução

O milho é um importante alimento humano e também tem sido amplamente utilizado para ração animal e em alguns países para a produção de energia. São várias as espécies e variedades de milho, sendo que todas elas são pertencentes ao gênero *Zea* (gênero botânico pertencente à família Poaceae. *Zea mays* ssp. *Mays*, sendo o único táxon domesticado). No Brasil, cerca de 20% de produção brasileira se destina ao consumo humano. Assim como em outras culturas de cereais, na cultura do milho há ocorrência de plantas invasoras (KARAM; MELHORANÇA; OLIVEIRA, 2006), o que tem motivado a procura de melhor gerenciamento do processo produtivo da agricultura, visando competitividade e controle dos problemas causados pelas técnicas de manejo, que envolvem a qualidade da água, do ar e dos alimentos.

Pesquisadores têm buscado meios para reduzir a quantidade de defensivos e o impacto sobre o meio ambiente e a variabilidade espacial das plantas invasoras têm sido objeto de estudo e neste caso a agricultura de precisão tem se mostrado útil (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002). A detecção de plantas invasoras através do sensoriamento remoto orbital ainda possui limitações quanto à resolução espacial e temporal. Entretanto, existe potencial para utilização de sistemas de visão artificial como sensores que possam promover a coleta de dados para o auxílio aos processos de tomada de decisão.

Os avanços em processamento digital de imagens, o sensoriamento remoto, particularmente quando se faz uso de imagens digitais não orbitais, passou a ser uma importante estratégia a ser utilizada, as quais associadas ao estudo da variabilidade espacial das culturas e das plantas invasoras podem resultar em equipamentos para o manejo localizado de culturas em taxa variável e em tempo real (THOMPSON; STAFFORD; MILLER, 1990; ALVES et al., 2002; CRUVINEL; KARAM, 2010).

Segundo Tian, Reid e Hummel (1999), pesquisas realizadas nos Estados Unidos têm mostrado que o gerenciamento espacial e os sistemas de aplicações localizadas possuem grande potencial de diminuição do uso de agrotóxicos agrícolas.

Sabe-se que a ocorrência de algumas espécies de plantas invasoras se dá em reboleiras, devido à forma de propagação das mesmas. Bressan e colaboradores (BRESSAN et al., 2008) tratam da classificação do risco de infestação por plantas invasoras usando técnicas geoestatísticas e análise de imagens.

Este trabalho apresenta um método de reconhecimento de padrões de plantas invasoras de folhas largas e estreitas para auxílio ao processo de decisão de aplicações de herbicidas com taxa variável em campos agrícolas da cultura do milho (*Zea mays* L.).

2. Material e métodos

A Figura 1 ilustra a arquitetura estabelecida para identificação da área de plantas invasoras de folhas largas e estreitas da cultura do milho (*Zea mays* L.) para manejo baseado em agricultura e precisão. O modelo de abordagem considera etapas de coleta da informação geo-referenciada, pré-processamento para qualificar a informação de interesse, construção de mapa de textura, extração de características geométricas, geração de mapas de plantas invasoras de folhas largas e estreitas, integração de resultados e geração de mapa de recomendação para a aplicação de herbicida em taxa variável. Utilizou-se assim, como método de reconhecimento das plantas invasoras técnicas de visão computacional e algoritmos de processamento de imagens. A etapa do processamento que subtrai componentes da imagem de entrada permite extrair das mesmas, informações que não são oriundas das plantas invasoras (informações de fundo, como palha, milho e solo).

A partir das imagens que contenham apenas plantas invasoras é a planta invasora selecionada para reconhecimento com base na utilização de descritores computacionais baseado em textura e nas características geométricas dos objetos a serem identificados (SANTOS; CRUVINEL, 2008). O mapa de textura é calculado com janelamento de 30 × 30 pixels. As medidas estatísticas foram realizadas considerando a matriz de co-ocorrência e o contraste das imagens.

As imagens foram adquiridas em um campo experimental com 38 ha. de área da Embrapa Milho e Sorgo (Rodovia MG 424 km 45 - Sete Lagoas, MG, Brasil), dividido em 41 parcelas espaçadas de 100,0 × 100,0 m e com área de 12 m² (4,0 × 3,0 m). Para a aquisição das imagens foi utilizada uma câmera digital da marca Canon, modelo PowerShot Pro 1, com 180 pixels/polegadas de resolução, a qual apresenta tamanho de imagens de 600 × 600 pixels no espectro visível e um quadro de madeira medindo 0,5 × 0,5 m como elemento de escala para a caracterização de dimensões das plantas e quadro de captação.

Foram consideradas para análise plantas invasoras de folhas largas e de folhas estreitas, conforme ilustra a Figura 2, as quais são impactantes para a cultura do milho.

A planta invasora Leiteira (*Euphorbia heterophylla* L.) tem suas folhas ao longo do caule, com gemas nas axilas. São glabras, medindo de 4 a 10 cm de comprimento. As folhas inferiores são alternadas

e lanceoladas, enquanto as superiores são opostas ou verticiladas. Abaixo das inflorescências há maior concentração de folhas. A planta invasora Picão-preto (*Bidens pilosa*) tem folhas pecioladas, opostas no caule e ramos, de formato ovalado ou lanceolado; coloração verde, podendo ter tonalidades violáceas; podem ocorrer folhas simples ou compostas, com até 8 cm de comprimento por 4 cm de largura; folhas com margens serradas, com ou sem a presença de pêlos.

A planta invasora de folhas estreitas Capim-colchão (*Digitaria sanguinalis* Scop.) tem folhas com até 15 cm de comprimento e 12 mm de largura, as lâminas são planas, com margens lisas; podem apresentar pêlos em sua extensão. A coloração é verde, podendo adquirir cor arroxeada quando em condições desfavoráveis. Por outro lado, a planta invasora Capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) tem folhas presentes em grande quantidade e distribuídas sobre os colmos. Lâmina foliar plana, com pêlos na parte de cima

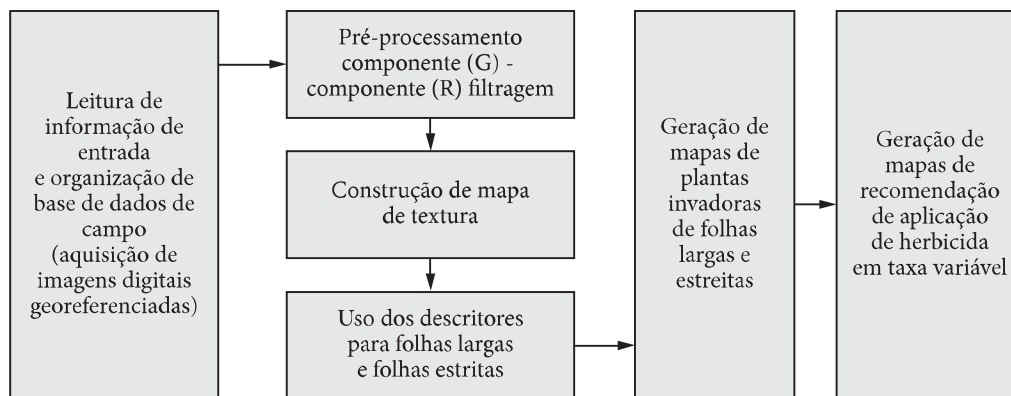


Figura 1. Diagrama de blocos da arquitetura para identificação da área de ocupação de plantas invasoras de folhas largas e estreitas da cultura do milho (*Zea mays* L.) e respectivo mapa de aplicação de herbicida em taxa variável.



Figura 2. Fotos de plantas invasoras da cultura do milho. Folhas largas: a) Leiteira (*Euphorbia heterophylla* L.), b) Picão-preto (*Bidens pilosa*). Folhas estreitas: c) Capim-colchão (*Digitaria sanguinalis* Scop.), d) Capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.) respectivamente.

e lisa na parte de baixo. Medem de 10 a 30 cm de comprimento por 5 a 10 cm de largura. Tem também, bainha lisa ou com pequena quantidade de pêlos marginais na parte superior com anéis de pêlo branco.

O sistema foi desenvolvido utilizando-se o Builder C++ 5.0 da Borland, sendo executado em um processador *Intel Core 2 Duo P8600 2,40 GHz*, 4,0 GBs de memória RAM e sistema operacional *Windows 7*.

3. Resultados e discussão

A Figura 3 ilustra o mapeamento para um dos quadros de amostragem de área de ocupação de plantas invasoras de folhas largas, o qual foi realizado com base no sistema descrito, o qual possibilitou observar a variabilidade na ocupação e a derivação para um mapa de recomendação para aplicação de herbicida em taxa variável. A textura que é um atributo espacial tem origem na sensação visual causada pelas variações tonais existentes em uma determinada região da imagem. Neste trabalho, foi utilizada como elemento para a segmentação sobre os atributos espaciais da imagem no seu processamento. Foi utilizada a abordagem do contraste, com a extração de janelas pertencentes a uma determinada classe. Da análise do contraste provém da matriz de concorrência dos níveis de cinza. Através do

cálculo do valor desses atributos em diversas imagens, constatou-se que existem relações entre eles. A granularidade definida para a textura foi estabelecida em relação ao objeto de análise, ou seja, plantas invasoras que foram selecionadas como classes presente na imagem que se deseja classificar. A subtração das componentes $(g_{i,j}-r_{i,j})$ traz como consequência a minimização do efeito de iluminação do ambiente. A aplicação do filtro de mediana possibilitou a filtragem dos ruídos da imagem, como também para tornar bordas mais nítidas em algumas situações.

As infestações das plantas invasoras normalmente não ocorrem de modo uniforme nas áreas agrícolas e com o uso das técnicas do processamento de imagens sua variabilidade espacial e localização puderam ser determinadas. Desta forma, a variabilidade espacial e a densidade de plantas invasoras podem estar associadas a mapas de infestação, os quais poderão ser utilizados como referência no controle da aplicação dos herbicidas. Uma vez realizado o mapeamento da taxa de ocupação de plantas invasoras de folhas largas ou estreitas torna-se possível à consolidação da informação para a recomendação de aplicação de herbicida em taxa variável, específicos para cada modalidade de planta invasora considerada. Os resultados mostraram uma taxa de acerto em ambiente de campo da ordem de 84% para folhas largas e 79% para folhas estreitas.

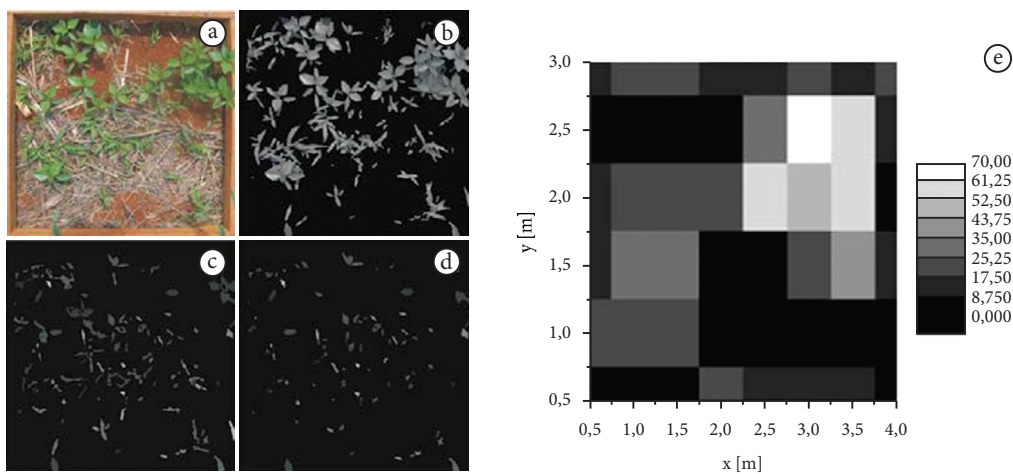


Figura 3. Fases de processamento considerando um caso para folhas largas onde: a) imagem digital de entrada, b) imagem resultante após a retirada de informações de solo, palha e ruídos de alta frequência, c) mapa de textura, d) mapa de plantas invasoras de folhas largas, e) mapeamento da taxa de ocupação de plantas invasoras de folhas largas em uma parcela de 12m^2 (4×3 m), com sitio de informação de ocupação amostrado em uma área de $0,5 \times 0,5$ m.

4. Conclusões

Foi apresentado um sistema para mapear a área de ocupação de plantas invasoras de folhas largas e estreitas da cultura do milho, o qual foi fundamentado com base em visão computacional e ferramentas da agricultura de precisão. Resultados dos estudos de caso real mostraram que sua importância encontra aplicação não somente para o controle de plantas invasoras para ganhos de produtividade da cultura, mas também como instrumento para diminuir o impacto econômico e ambiental do uso de herbicidas com base no uso de mapas de aplicação em taxa variável, o que é de interesse para o produtor.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Embrapa no âmbito da Rede em Agricultura de Precisão (Macro Programa 1, Processo: 01.09.01.002.01) e de projeto apoiado pelo CNPq (Processo: 306988/2007-0).

Referências

ALVES, E. A.; KHOURY JUNIOR, J. K.; PINTO, F. A. C.; QUEIROZ, D. M. Classificação de Plantas Daninhas Utilizando Características Texturais em Imagens Digitais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2002, Viçosa. *Anais...* Viçosa, 2002. CD ROM.

BRESSAN, G. M.; KOENIGKAN, L. V.; OLIVEIRA, V. A.; CRUVINEL, P. E.; KARAN D. A classification methodology for the risk of weed infestation using fuzzy logic. *Weed research*, v. 48, p. 470-479, 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00647.x>

CRUVINEL, P. E.; KARAM, D. Construção de mapas de aplicação em taxa variável de herbicida para cultura do milho (*Zea mays* L.) com base em visão computacional e ocupação de plantas invasoras de folhas largas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - ConBAP, 2010, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, 2010.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A. L.; OLIVEIRA, M. F. **Plantas daninhas na cultura do Milho**. Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica).

SANTOS, A. P. O.; CRUVINEL, P. E. Desenvolvimento de um modelo de descritores de imagens para reconhecimento de padrões de plantas invasoras (folhas largas e folhas estreitas). In: ENCONTRO DE MODELAGEM COMPUTACIONAL, 2008, Volta Redonda. *Anais...* Volta Redonda, 2008. CD-ROM

THOMPSON, J. E.; STAFFORD, J. V.; MILLER, P. C. H. Selective application of herbicides to UK cereal crops. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1990, St. Joseph. *Proceedings...* St. Joseph, 1990. Mich. Paper nº 901629.

TIAN, L.; REID J. E.; HUMMEL, J. W. Development of a precision sprayer for site-specific weed management. *Transactions of the ASAE*, v. 42, n. 4, p. 893-900, 1999.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução a agricultura de precisão: conceitos e vantagens. *Ciência Rural*, vol. 32, n. 1, 2002.