



**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**

PAULO E. CRUVINEL¹, DECIO KARAM²

¹Engenheiro, Doutor, Pesquisador, EMBRAPA-CNPDIA/São Carlos – SP, cruvinel@cnpdia.embrapa.br

²Engenheiro, Ph.D, Pesquisador, EMBRAPA –CNPMS/Sete Lagoas – MG

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2010
27 a 29 de setembro de 2010 - Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: 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 solo e clima. Entretanto, aplicações excessivas de herbicidas podem se tornar fontes de contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Na agricultura, as aplicações convencionais de insumos vêm sendo objetos de pesquisa que visam melhorar a eficiência da aplicação com a redução do impacto ambiental. Na cultura do milho a aplicação de herbicida em taxa variável pode minimizar os impactos econômicos e ambientais, bem como proporcionar 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 da cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura de Precisão, Planta invasora, Tomada de Decisão.

**DEVELOPMENT OF VARIABLE RATE HERBICIDE APPLICATION MAPS FOR MAIZE
CROPS (*Zea mays L.*) BASED ON COMPUTATIONAL VISION
AND OCCUPATION OF BROAD LEAF WEED**

ABSTRACT: The maize crop efficiency can be dependent of the weed species involved in the process of production, due its number per area and occupation, period of competition, stage of culture development, as well as the conditions of soil and climate. However, the level of application of the herbicide can be dangerous for superficial water, as well as for the water tables contamination. In agriculture, the conventional use of supplies becomes to be a research subject to improve its application with reduction of the environmental impacts. For maize, the application of herbicide with variable rate can not only minimize the economical and environmental impacts but also increase competitiveness. This paper presents a method based on both the computational vision and broad leaves weed in maize crop for construction of variable rate herbicide application maps.

KEYWORDS: Precision Agriculture, Weed, decision making

INTRODUÇÃO: O milho é cultivado em várias partes do planeta Terra, sendo extensivamente utilizado como alimento humano e também para ração animal. São várias as espécies e variedades de milho, sendo que todas elas são pertencentes ao gênero *Zea*. No Brasil, cerca de 15% de produção brasileira se destina ao consumo humano e, mesmo assim, de maneira indireta na composição de outros produtos. Assim como em outras culturas de cereais, na cultura do milho há ocorrência de plantas invasoras (KARAM *et al.*, 2006), o que tem motivado a procura de melhor gerenciamento do processo produtivo da agricultura, visando competitividade e controle dos problemas ambientais 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 com o objetivo de

diminuir o volume de defensivos aplicados com base no uso de mapeamento das áreas infestadas e neste caso a agricultura de precisão tem se mostrado com utilidades (TSCHIEDEL & FERREIRA, 2002). A detecção de plantas invasoras através do sensoriamento remoto orbital ainda possui limitações quanto a resolução espacial e temporal. Acredita-se que existe potencial para utilização de sistemas de visão artificial como sensores para coleta de dados em agricultura de precisão. Tais sistemas visam basicamente o uso de uma câmera conectada a um computador por meio de uma placa de aquisição de vídeo e programas computacionais específicos de processamento de imagens para extração das informações desejadas. 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 de estudo da variabilidade espacial das culturas e das plantas invasoras podem resultar em equipamentos para o manejo localizado de culturas em tempo real. As técnicas de visão artificial têm sido usadas na área agrícola principalmente como mecanismo de inspeção da qualidade dos produtos, mas sempre se mostram como ferramentas potenciais para a identificação de plantas invasoras, como pode ser observado nos trabalhos de Thompson, Alves e colaboradores (THOMPSON *et al.*, 1990; 2000; ALVES *et al.*, 2002). Segundo Tian e colaboradores (TIAN *et al.*, 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 defensivos 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.*, 2006) tratam da classificação do risco de infestação por plantas invasoras usando técnicas geoestatísticas, análise de imagens e modelos de classificação fuzzy. A densidade das sementes (produção de sementes por área), a sua extensão (influência das sementes vizinhas), a cobertura foliar (extensão dos agrupamentos das plantas invasoras emergentes) e a agressividade (porcentagem de ocupação de espécies com alta capacidade de produção de sementes) foram os principais atributos utilizados para descrever a infestação das plantas invasoras em cada região. A partir de simulação com modelos matemáticos de populações foram obtidos os dados da densidade, da cobertura foliar e da agressividade para as diferentes regiões. Esses autores propuseram um sistema de classificação fuzzy utilizando os atributos descritos para inferir os riscos de infestação de regiões da cultura por plantas invasoras. Outro método foi desenvolvido para avaliar a qualidade da aplicação de herbicida em áreas de plantio, utilizando visão computacional e rede neural artificial (CRUVINEL *et al.*, 2006). A técnica utilizava imagem digital e transformada de Hough para a contagem e distribuição das gotas, assim como um modelo para a tomada de decisão com rede neural, que recebia como entrada informações dos descritores da distribuição das classes de gotas para análise sítio-específico. Este trabalho apresenta um método de reconhecimento computacional de plantas invasoras de folhas largas, o qual encontra aplicações em processos de aplicação de herbicidas com taxa variável em campos agrícolas da cultura do milho (*Zea mays L.*).

MATERIAL E MÉTODOS: A Figura 1 ilustra a arquitetura estabelecida para identificação da área de plantas invasoras de folhas largas da cultura do milho (*Zea mays L.*) para manejo baseado em agricultura e precisão. O modelo de abordagem considera etapas de coleta da informação georeferenciada, 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, integração de resultados e geração de mapa de recomendação para a aplicação de herbicida em taxa variável. Utilizou-se assim, como método de reconhecimento da planta invasora de folhas largas técnicas de visão computacional e algoritmos de processamento de imagens. A etapa do processamento que subtrai componentes da imagem de entrada permite extrair da mesma 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 específica reconhecida com base na utilização de um descritor computacional baseado na forma. O descritor utilizado (SANTOS & CRUVINEL, 2008) no processamento das imagens de campo para o reconhecimento de plantas invasoras de folhas largas foi organizado com base na análise das características geométricas das folhas largas das plantas invasoras. O mapa de textura é calculado com janelamento de 30x30 pixels. As medidas estatísticas foram realizadas considerando a matriz de co-ocorrência e o contraste das imagens. Foram adquiridas e utilizadas imagens de um campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo (Rodovia MG 424 km 45 - Sete Lagoas, MG, Brasil) em um campo experimental de 38ha de

área, dividido em 41 parcelas espaçadas de 100,0×100,0m e com área de 12m² (4,0×3,0m). Para a aquisição das imagens foi utilizada uma câmara digital que viabilizou imagens com resolução espacial de 600x600 pixels no espectro visível, um quadro de madeira medindo 0,5×0,5m como elemento de escala para a caracterização de dimensões das plantas e quadro de captação, bem como coleta de 2 imagens de cada parcela. Considerou-se para análise a planta invasora de folha larga *Euphorbia heterophylla* L. (leiteira), a qual é de grande impacto para a cultura do milho. Nesta espécie as folhas ocorrem ao longo do caule, com gemas nas axilas. As folhas inferiores são alternadas e lanceoladas, enquanto as superiores são opostas ou verticiladas. Abaixo das inflorescências há maior concentração de folhas.

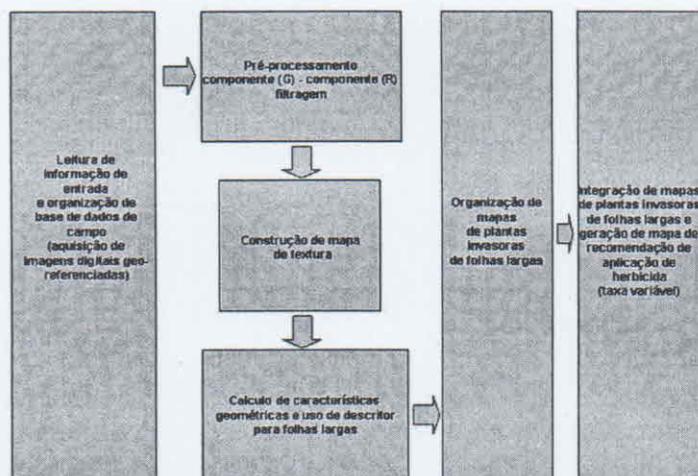


FIGURA 1. Diagrama de blocos da arquitetura para identificação da área de ocupação de plantas invasoras de folhas largas da cultura do milho (*Zea mays* L.) e respectivo mapa de aplicação de herbicida em taxa variável.

Ela é uma das espécies mais infestantes de lavouras de milho, uma vez que se desenvolvem e reproduzem rapidamente, apresentando alto grau de competitividade em relação à cultura, tanto por nutrientes como por água.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 2 apresenta um dos quadros de uma das parcelas amostradas no campo agrícola contendo a planta invasora *Euphorbia heterophylla* L. em diferentes estágios de desenvolvimento e etapas de um processamento realizado sendo que em (a) é visualizado uma imagem digital, em (b) é visualizado a mesma imagem digital após o pré-processamento contendo somente com as informações de folhas de plantas, em (c) é apresentado o mapa de textura e em (d) o mapa contendo somente as plantas invasoras de folhas largas. 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 algoritmo descrito, onde se pode observar a variabilidade na ocupação e a derivação para um mapa de recomendação para aplicação de herbicida em taxa variável.



FIGURA 2. Etapas das fases de processamento para o reconhecimento de plantas invasoras de 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 contendo somente as folhas invasoras de folhas largas.

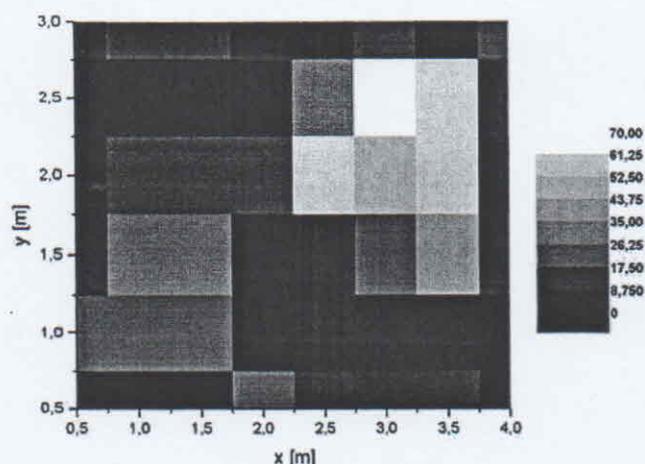


FIGURA 3. Mapeamento da taxa de ocupação de plantas invasoras de folha larga em uma parcela de 12m^2 ($4 \times 3\text{m}$), com sitio de informação de ocupação amostrado em uma área de $0,5 \times 0,5\text{m}$.

Uma vez realizado o mapeamento da taxa de ocupação de plantas invasoras de folhas largas torna-se possível a consolidação da informação para a geração de um mapa de recomendação de aplicação de herbicida em taxa variável.

CONCLUSÕES: Um sistema para mapear a área de ocupação de plantas invasoras de folhas largas da cultura do milho foi fundamentado com base em ferramentas da agricultura de precisão. Resultados de um estudo 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 o apoio da EMBRAPA, do CNPq (Processo código: 306988/2007-0) e do Projeto Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro (Macro Programa 1, código: 01.09.01.002.01).

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. II Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão. Viçosa, MG, CD ROM, 2002.
- BRESSAN G. M., KOENIGKAN L. V., OLIVEIRA V. A., CRUVINEL P. E., KARAM D. Sistema de Classificação Fuzzy para o Risco de Infestação por Plantas Daninhas Considerando a sua variabilidade Espacial. *Planta Daninha*, v.24, 229-238, 2006.
- CRUVINEL P. E., SUZUMURA FILHO Y., MANTOVANI E. C. Análise da qualidade da aplicação georeferenciada de chuva artificial em área de plantio com visão computacional e rede neural. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, CONBEA, 2006.
- KARAM D., MELHORANÇA A. L., OLIVEIRA M. F. Plantas daninhas na cultura do Milho, Circular Técnica, Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1679-1150, 2006.
- SANTOS A. P. de 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, Volta Redonda, CD-ROM, 2008.
- THOMPSON J. F., STAFFORD J. V., MILLER P. C. H. Selective application of herbicides to UK cereal crops. ASAE Annual International Meeting. St. Joseph, Mich. Paper nº 901629, 1990.
- TIAN L., REID J. F., HUMMEL J. W. Development of a precision sprayer for site-specific weed management. *Transactions of the ASAE*, v. 42, no 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.