

ANÁLISE DA QUALIDADE DA APLICAÇÃO GEOREFERENCIADA DE CHUVA ARTIFICIAL EM ÁREA DE PLANTIO COM VISÃO COMPUTACIONAL E REDE NEURAL

PAULO E. CRUVINEL¹, YOSHIKAZU SUZUMURA FILHO²,
EVANDRO C. MANTOVANI³

¹Doutor em Automação, Pesquisador da Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos SP, Fone (16)33742477; cruvinel@cnpdia.embrapa.br;

²Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, SP, Taubaté

³Doutor em Engenharia Agrícola, Embrapa SGE, Brasília DF

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: O monitoramento das condições das culturas agrícolas tem recebido cada vez mais atenção e maior ênfase tem sido colocada na otimização de impactos causados pelo uso excessivo de insumos. Este trabalho apresenta uma metodologia que auxilia na avaliação da qualidade da aplicação de pesticidas em áreas de plantio com base no uso de visão computacional e rede neural artificial. A técnica é baseada no uso de imagens digitais e Transformada de Hough para a contagem de gotas de chuva artificial e análise sítio-específico que integra um modelo de decisão fundamentado em uma rede neural artificial que recebe como entrada informações de descritores da distribuição de classes de gotas e sua distribuição.

PALAVRAS-CHAVE: Chuva artificial, otimização de insumos, visão computacional, tomada de decisão

QUALITY ANALYSIS OF GEO-REFERENCED ARTIFICIAL RAINDROP APPLICATION IN AGRICULTURAL FIELD BASED ON MACHINE VISION AND NEURAL NETWORK

ABSTRACT: Agricultural monitoring on the fields is receiving attention and it has been emphasize the optimization of impacts that occur due the inadequate use of agricultural products. This paper presents a methodology for quality analysis of pesticide application in agricultural field based on both machine vision and artificial neural network. The technique uses digital image and Hough Transform processing for artificial raindrop counting and distribution, as well as a model for decision making with a neural network, which receives descriptors of the raindrop distribution for specific-site analysis.

KEYWORDS: Artificial rain, agricultural products optimization, computational vision, decision making

INTRODUÇÃO: As exigências do mercado consumidor têm pressionado o setor agrícola a buscar maior eficiência na produção. Além disso, a busca pela conservação dos recursos naturais, diminuindo tanto quanto possível a poluição do meio ambiente, é outro fator que tem motivado a procura de melhor gerenciamento do processo produtivo da agricultura, visando manutenção da qualidade do solo, da água, do ar e dos alimentos. As aplicações convencionais de defensivos baseadas nas necessidades médias vêm sendo objeto de pesquisa, visando melhorar sua execução. Essas aplicações significam, muitas vezes, aplicações excessivas em algumas áreas do campo e insuficientes em outras, pois uma área dificilmente é uniforme. Dessa maneira, as aplicações excessivas dos insumos podem tornar-se fontes de contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Pesquisadores têm buscado meios para reduzir a quantidade de defensivos e o impacto sobre o meio ambiente (WILLIS e STOLLER, 1990; CHANCELLOR e GORONEA, 1993; TIAN et al., 1999). Estes pesquisadores estudaram a variabilidade espacial das plantas daninhas com o objetivo de diminuir o volume aplicado através do mapeamento das áreas infestadas ao longo dos anos.

O controle químico de plantas daninhas está diretamente associado ao controle do volume de gotas, ou da qualidade da chuva artificial que é aplicada na lavoura. Encontram-se relatadas na literatura pelo menos sete técnicas para medida de distribuição e volume de gotas de chuva, isto é, método da mancha (HALL, 1970), método do impulso (SCHLEUSENER, 1967), método da farinha (KOHL, 1974), método de imersão (MCCOOL, 1982), método da fotografia (ROELS, 1981), o método do óleo (EIGEL & MOORE, 1983) e o método com processamento de imagem (CRUVINEL et al., 1999; GARCIA et al., 2000).

Para a compreensão do processo de pulverização de um líquido é necessário o conhecimento da teoria de formação da gota e de sua distribuição no meio ambiente. O conhecimento sobre o tamanho das gotas é importante também para se obter um alto grau de eficiência e reduzir a contaminação do meio ambiente. Os principais descritores são estudados principalmente em função dos parâmetros: Diâmetro Mediano Volumétrico (DMV); Diâmetro Mediano Numérico (DMN) e Espectro de Gotas (EG).

Neste artigo é apresentado um método para avaliação da qualidade da distribuição de gotas de chuva em campos de plantio, o qual leva em conta a variabilidade espacial da distribuição de gotas, suas coordenadas geodésicas, o estabelecimento de um indicador de qualidade de aplicação de chuva artificial em cada sítio-específico com base no uso de visão computacional e um modelo de rede neural artificial para quantificação dos resultados.

MATERIAIS E MÉTODOS: O método é baseado na geração do ambiente computacional implementado com base na composição de padrões de gotas de chuva artificial para geração de mapas a partir da krigeagem. O volume de gotas é identificado com base na medida dos raios de diferentes tamanhos na mesma imagem com o uso do processamento de imagens e Transformada de Hough (CRUVINEL et al., 2003; CRUVINEL et al., 2005; SUZUMURA, 2006). Uma vez obtido a distribuição das gotas em cada posição georeferenciada trabalha-se na construção de mapas com base no uso da geoestatística. A geoestatística viabiliza análise da dependência espacial entre os dados observados, sendo possível determinar o raio de dependência espacial entre eles. Verificada a dependência espacial, pode-se estimar valores pelo processo de interpolação por krigeagem (ou Krigagem) obtendo-se um mapa de isolinhas da área em estudo. KRIGE (1951), estudando dados de concentração de ouro na África do Sul, verificou que as variâncias não faziam sentido quando considerava independência entre as amostras. No entanto, se levasse em consideração as distâncias entre as amostras, ou seja, a posição espacial entre elas, as variâncias passavam a fazer sentido. Baseado nessas observações, MATHERON (1963) formalizou os fundamentos da geoestatística, conhecido como a teoria das Variáveis Regionalizadas, tendo como base os conceitos de função aleatória e estacionaridade de segunda ordem. Após o uso da krigeagem e a obtenção dos mapas para as gotas de chuva artificial de diferentes tamanhos, organizadas por classes de diâmetro ou volume é estabelecida a fase final da metodologia com o uso dos descritores DMV, DMN, Dv01, Dv09, Ex (Extensão) e Ng (Número de Gotas), os quais podem ser estabelecidos para cada sítio-específico e uma vez plotados em conjunto passam a possibilitar uma figura de mérito do grau de eficiência da aplicação e seu respectivo acerto em área de plantio. Os valores máximos dessas variáveis são normalizados em função da medida do raio do círculo de verificação, cuja área inscrita que é obtida pela união dos vértices da figura poligonal formada define o indicador procurado.

Para estudo de caso em ambiente de simulação foram consideradas parcelas de 12m² com distribuição de papéis hidro-sensíveis georeferenciados em arranjo matricial constituído de 3 linhas e 4 colunas, separadas por 1m respectivamente. Ao redor das parcelas considerou-se uma borda contínua de 0,5m.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: A Figura 1 ilustra um mapa da distribuição de gotas de chuva artificial em uma parcela agrícola de 12m², papel hidro-sensível utilizado para obtenção de informações volume de gotas e o círculo de raio unitário utilizado para a obtenção do indicador de qualidade da aplicação da chuva artificial. O mapa foi obtido com base no uso de krigeagem e para sua elaboração considerou-se informações coletadas de papéis hidro-sensíveis que foram distribuídos na

parcela agrícola. O mapa georeferenciado apresenta em escala de cinza a quantidade de gotas na faixa de 0 (representado pelo tom preto) à 150 (representado pelo tom branco). O diâmetro das gotas de chuva artificial foram obtidos com uso da Transformada de Hough. O círculo de raio unitário ilustra, para um sítio específico, a análise conjunta da contribuição das medidas de DMV, DMN, Dv01, Dv09, Ex e Ng e qualifica a qualidade da aplicação de chuva artificial na área de plantio. Pode ser observado que o uso de descritores normalizados no círculo de raio unitário viabilizam uma análise da qualidade da aplicação com base em uma figura de mérito que é estabelecida pela área inscrita formada, cujo polígono foi formado pelas arestas estabelecidas com base nos descritores utilizados, isto é, DMV, DMN, Dv01, Dv09, Ex e Ng. Para validação, foram ensaiados 12 estudos de caso em conjuntos de papéis sensíveis, selecionados na parcela de 12m².

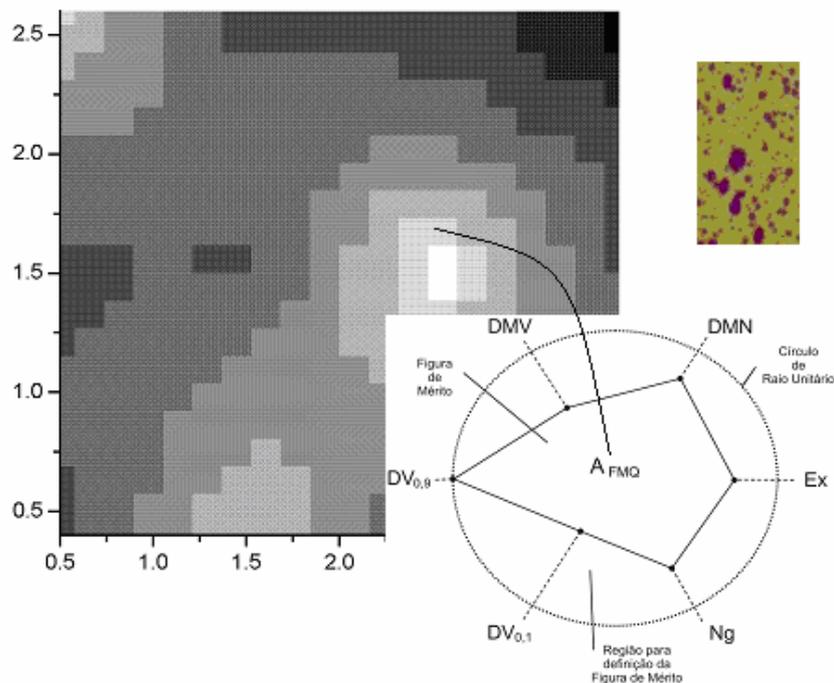


Figura 1 – Mapa georeferenciado da distribuição de gotas de chuva artificial coletadas em papéis hidrosensíveis alocados na área de plantio e krigagem. O diâmetro das gotas de chuva artificial foram obtidos com uso da Transformada de Hough. O círculo de raio unitário ilustra, para um sítio específico, a análise conjunta da contribuição das medidas de DMV, DMN, Dv01, Dv09, Ex e Ng.

Adicionalmente, com a finalidade de automatizar a avaliação da área da figura de mérito de qualidade (A_{FMQ}) foi utilizada uma Rede Neural Artificial (RNA) do tipo *Perceptron* que auxilia na avaliação da eficácia da pulverização agrícola. A mesma foi implementada com o MatLab[®] como ferramenta de base. A *Perceptron* é a rede neural pioneira que tem a forma mais simples de uma Rede Neural Artificial para classificar o tipo especial de padrão denominado de linearmente separável, isto é, padrões que ficam em lados opostos de um hiperplano. Essa rede foi capaz de classificar apenas padrões linearmente separáveis. Ou seja, padrões que caem em determinadas posições de um hiperplano na qual podem ser separados por uma linha reta. Resultados de correlação existente entre a A_{FMQ} e a saída da RNA tomando como base os vetores qualidade normalizados indicaram índice de correlação $r^2 = 0,98$. Os resultados ilustram que ao ocorrer uma flutuação na variação do tamanho de gotas de chuva artificial nos sítios-específicos, ocorre simultaneamente uma variação na área da figura de mérito gerada no círculo unitário, em função da alteração dos descritores DMV, DMN, Dv01, Dv09, Ex e Ng. Observa-se que a melhor figura de mérito quanto à eficiência e redução de perdas do insumo utilizado, com conseqüente redução de impacto ambiental ocorre quando as flutuações na

variação de tamanho de gotas nos sítios específicos forem menores.

CONCLUSÕES: Para avaliar a eficiência do processo de pulverização de pesticidas em campo agrícola é necessário o conhecimento de sua distribuição na cultura. As pulverizações são constituídas de uma quantidade muito grande de gotas o que traz dificuldade para a análise manual das informações, dificultando conseqüentemente o processo de tomada de decisão sobre a eficiência da aplicação. Os resultados obtidos com a metodologia desenvolvida ilustram o potencial da técnica para auxílio na tomada de decisão em processos agrícolas que envolvam a aplicação sítio-específico, onde se faz necessário a análise conjunta e simultânea de seus descritores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- CHANCELOT, W. J.; GORONEA, M. A. Effects of spatial variability of nitrogen, moisture, and weeds on the advantages of site-specific application for wheat. *Transactions of the ASAE*, v. 37, n° 3, p. 717-724, 1993.
- CRUVINEL, P. E., MARTINEZ, A. C., KOENIGKAN, L., Estudo comparativo entre análise de correlação no domínio da frequência e transformada rápida de hough para determinação do volume de gotas de chuva, Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32 – CONBEA, 2003.
- CRUVINEL, P. E., OLIVEIRA V. A., KOENIGKAN, L. V., BRESSAN, G. M., PARASI, F., MANTOVANI, E. C., Metodologia para o mapeamento georeferenciado da aplicação de chuva artificial em área de plantio com base no uso de visão computacional, 3º Simpósio Internacional de agricultura de precisão – SIAP 2005 –CDROM, Sete Lagoas MG, 16 a 18 de agosto de 2005.
- CRUVINEL, P. E., VIEIRA, S. R., CRESTANA, S., MINATEL, E. R., MUCHERONI, M. L., TORRE-NETO, A. Image processing in automated measurements of raindrop size and distribution. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, p. 205-217, 1999.
- EIGEL, J. D.; MORE, I. D. A simplified technique for measuring raindrop size and distribution. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 26, p. 1079-1084, 1983.
- GARCIA, L.C., ZENY, E. P, FÁVERO, A. L F, JUSTINO, A., PURÍSSIMO, C.CANTERI, M. G. C. Avaliação da qualidade e eficácia de pulverização de um herbicida sistêmico com uso de software para análise de cartões hidrossensíveis, InfoAgro – Ponta Grossa, 2000.
- HALL, M.J. Use of the stain method in determining of the drop-size distribution of coarse liquid sprays. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 13, n. 1, p. 33-37,41, 1970.
- KOHL, R. A. Drop size distribution from medium-sized agricultural sprinklers. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 690-693, 1974.
- KRIGE, D.G. A Statistical Approach to some Baic Mine Evaluation Problems on the Witwatersrand. *Jornal Chem. Metall. Min. Soc. S. Afi.*, v.52, p. 119-139, 1951.
- MATHERON, G. Principles of Geostatistics. *Economic Geology*. El Paso, v.58, p.1246-1266, 1963.
- MCCOOLL, D. K. Personal communication. Washington: USDA-ARS; Pullmann: Washington State University, 1982.
- ROELS, J. M. Personal communication. Utrecht: Laboratory of Physical Geography, Geographical Institut, 1981.
- SCHLEUSENER, P. E. Drop size distribution and energy of falling raindrops from a medium pressure irrigation sprinkler. 1967. Thesis (Ph.D) - Michigan State University, East Lansing.
- SUZUMURA Y. F. Método para avaliação da eficiência da pulverização agrícola baseado em processamento de imagens e rede neural. 2005. Tese de Mestrado – Universidade de Taubaté.
- TIAN, L., REID, J. F., 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.
- WILLIS, B. D.; STOLLER, E. W. Weed suppression for vegetation management in corn and soybeans. *Proc. N. Central Weed. Sci. Soc.* v. 45, n° 9, 1990.