

## **AGRICULTURA DE PRECISÃO: MANEJO DE PLANTAS DANINHAS**

*Elemar Voll<sup>1</sup>*

### **RESUMO**

A fim de reduzir as infestações de plantas daninhas nas lavouras é preconizado o uso de medidas integradas de controle. No entanto, o controle químico tem-se tornado uma das medidas mais eficazes de controle, sendo feito comumente de modo extensivo, incluindo áreas relativamente livres de infestação, que não necessitariam de aplicações herbicidas. Disso, decorre a importância de se incorporar no processo de decisão, uma tática de controle da infestação a nível mais econômico e de redução de riscos ambientais, aplicando herbicidas somente de modo localizado, onde se observam as infestações e quando a relação custo/benefício o justificar. Para atingir esse objetivo já funciona um sistema tecnológico de agricultura de precisão (AP), composto de um sistema de satélites/GPS/DGPS/GIS e equipamentos que possam realizar a aplicação localizada de controle. No entanto, para manejar adequadamente bancos de sementes de plantas daninhas no solo, é necessário conhecer aspectos de dinâmica de populações, modificados pelo sistema de manejo das culturas e acrescentar informações ecológicas complementares. Ainda, no controle de plantas daninhas é necessário conhecer os fatores de dispersão e os fatores de manejo do sistema de produção, que podem limitar a sua

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, M.S., Ph.D., Pesquisador da Embrapa Soja, Cx. Postal 231, 86001-970 Londrina, PR. E-mail: voll@cnpso.embrapa.br

infestação. Aspectos de competição tem sido modelados e entendidos. No momento, através da AP é possível fazer levantamentos de bancos de sementes no solo para estimar a composição e a densidade das infestações, bem como localizar as áreas de infestação e executar o controle localizado. Os dados levantados permitem predizer sistemas de manejo, enquanto que uma relação quantitativa entre o banco de sementes e sua intensidade de emergência é difícil de estabelecer. Como consequência ocorre uma demanda de planejamento. Uma confecção de mapas de infestação e de mapas de tratamento tornam-se necessárias. Sensoriamento remoto e fotografias aéreas integrados com GIS, poderão identificar áreas com os mais diversos problemas e outros que deverão ser usados para reduzir situações de levantamentos que exigem muita mão-de-obra e consumo de tempo. Possível integração com colhedoras de grãos será útil.

### **(Precision Agriculture: Weed Management)**

**ABSTRACT** – In order to reduce weed infestations in the field an integrated weed management system is proposed. But, the chemical weed control method turned out to be the most useful measure, used in a extensive way, including areas relatively free of weeds, which would not need herbicide application. Because of this, it is need to incorporate in the decision making process, a weed control tactics, at lower cost and reduced environment risc, in applying herbicide just at the weed spots, were the weeds are located, justified by the cost/benefit relation. To reach this objective a technologic system dealing with precision agriculture (PAg) is already installed, involving a satellite system/GPS-DGPS/GIS and equipments that can execute precision agriculture on the farm. Besides, in order to manage adequately weed seed banks in the soil, it is necessary to know about population dynamics, as modified by crop management systems, adding

ecological informations. Also, as to weed control, it is necessary to know seed dispersion processes, as well as those related to the crop management, which may be able to limit infestations. Competition has been modeled and understood. At the moment, through PAg it is possible to survey soil seed banks and to estimate the composition and density of infestations, as well as to locate areas of infestation and to execute localized weed control. Surveyed data allows to predict management systems, but somehow it is difficult to establish a quantitative relationship between the seed bank and the emerged weed flora. As a consequence, there is a need to build a demand for planning. Also, there is a need to construct infestation maps, as well as treatment maps. Remote sensing and aerial photography, integrated with GIS, will be able to identify areas with the most varied problems. With some, there will be a need to simplify surveying methods that take too much handling and time. Possible interaction with harvesting machine will be helpful.

## INTRODUÇÃO

O manejo de plantas daninhas, deve ser feito através do uso de medidas integradas de controle, como as preventivas, culturais, físicas, químicas ou biológicas, a fim de reduzir as infestações no campo.

No entanto, o controle químico de plantas daninhas tem-se tornado uma das medidas mais eficazes de controle, sendo feito comumente de modo extensivo, incluindo áreas relativamente livres de infestação, que não necessitariam de aplicações herbicidas. Disso, decorre a importância de se incorporar no processo de decisão a variabilidade espacial, que pode ser importante no desenvolvimento de uma tática de controle da infestação a nível mais econômico e de redução de riscos ambientais.

A distribuição desuniforme da infestação ocorre devido a fatores como mecanismos de dispersão de sementes, tipo de solo e teor de umidade e aspectos de superfície.

A dispersão de sementes resulta das características do propágulo (tamanho, forma, asas, plúmulas) em combinação com vetores do ecossistema (vento correntes de água, animais), mediado pelos processos de intervenção do homem (padrão de semeadura, sistema de cultivo, colheita) (Ghersa e Roush, 1993).

As espécies de plantas daninhas tendem a ocorrer em manchas, que permanecem relativamente estáveis em tamanho e local de ano para ano. A estabilidade das manchas é válida para espécies anuais que dispersam completamente antes da colheita, espécies baixas não atingidas pela colhedora e em operações de manejo em semeadura direta, que não movimentam as sementes e para espécies perenes clonais.

Segundo FORCELLA et al. (1996) para manejar de modo objetivo e econômico bancos de sementes de espécies de plantas daninhas informações ecológicas são importantes, o que inclui: a) profundidade de distribuição de sementes sob diferentes condições de cultivo; b) potenciais de profundidade de emergência máxima das espécies; c) condições micro-climáticas que induzem dormência secundária; d) periodicidade de emergência da flora daninha e, e) caracterização dos bancos de sementes.

Uma simulação de modelo descrevendo a dinâmica de populações em culturas tem sido desenvolvida por Day et al. (1996). É um modelo espacial com: a) com ciclos através de processos de germinação de plantas daninhas, b) morte por pulverização, c) produção de sementes, d) competição planta daninha-cultura, e) dispersão natural de sementes, f) dispersão de sementes na colheita, g) dispersão de sementes no cultivo e h) sobrevivência de sementes. O modelo pode ser rodado um número de anos para indicar como as manchas de plantas daninhas se desenvolveram de uma distribuição inicial uniforme.

Conhecimentos sobre a dinâmica das populações de espécies de plantas daninhas, envolvendo aspectos biológicos da plantas daninhas, variando em função de manejos culturais, de solo e de herbicidas são apresentados

na literatura (Roberts & Feast, 1972; Leguizamón, 1986; Fernandez-Quintanilla, 1988; Blanco & Blanco, 1991; Forcella, 1992; Voll et al., 1995, 1996).

Fatores adicionais à dinâmica de populações a serem levados em conta, são: o envelhecimento da sementes no solo, a sobrevivência dependente da densidade de sementes no solo e da produção de sementes, perdas por ação herbicida e procedimentos de colheita.

Aspectos de competição tem sido resolvidos e modelados, como: a variação da época de emergência e diferenças entre arquiteturas de plantas. A época de competição da planta daninha, estabelecida através da idade relativa de emergência da cultura e da planta daninha, devem ser levadas em conta para a predição de perda da cultura. Esta é baseada na cobertura relativa da planta daninha, ou seja, da relação da cobertura do solo de ambas (Cousens et al., 1987).

Como plantas rústicas, sob condições adversas de manejo das culturas, elas se estabelecem muitas vezes rapidamente e em grande profusão, em vista das suas características biológicas e sua interação com o meio ambiente. Sob condições de manejo do solo, com aplicação anterior de calagem na cultura da soja, Seifert e Voll (2000) observaram aumento significativo na produção da cultura, com redução significativa da infestação de amendoim-bravo.

O manejo de bancos de sementes através da aplicação de herbicidas e de cobertura vegetal do solo são os modos mais eficientes para reduzir bancos de sementes no solo, enquanto que o cultivo do solo estimula a sua emergência (Blanco & Blanco; 1991; Voll et al. 1995, 1996).

A maioria dos estudos de persistência de bancos de sementes mostram um decréscimo exponencial de sementes no solo, quando a produção de novas sementes é restringida, sendo que o período de sobrevivência de um banco de sementes pode ser alterado segundo o sistema de manejo da cultura, sendo variável entre espécies (Voll et al., 1995, 1996). Burnside et al. (1986) observaram que bancos de sementes de plantas daninhas são muitas vezes reduzidos

sob semeadura direta em >95% num período de cinco anos. Na prática sabe-se que é muito difícil o êxito completo do controle uma vez que com a reinfestação resulta uma nova produção de sementes.

Trabalhos feitos com espécies daninhas anuais sugerem que “a disseminação natural de sementes, o cultivo e a dispersão favorecida pela combinada” são os principais fatores que influenciam a localização de futuras manchas de plantas daninhas, sendo matematicamente predizíveis com o uso do processo de krigagem e de software de computação. Por outro lado, modelos padrão para a relação perdas de produção vs densidade de plantas daninhas assumem que há uma cobertura uniforme das mesmas no campo. No entanto, elas tem a tendência acentuada a agregação, deixando áreas relativamente sem plantas daninhas (Thornton et al., 1990), resultando numa avaliação imprópria da infestação, que pode conduzir a superestimativa das perdas de produção, principalmente sob altas densidades (Dent et al., 1989; Wiles et al., 1992).

Grandes esforços tem sido feitos para estimar a composição e densidade das infestações usando levantamento de bancos de sementes no solo (Lawson, 1988; Ball e Miller, 1989; Forcella, 1992; Cardina e Sparrow, 1996). O conhecimento do número de sementes enterradas e sua dormência, longevidade e periodicidade é muito útil em prever que espécies são prováveis de emergirem numa determinada lavoura (Lawson, 1988), enquanto que uma relação quantitativa entre o banco de sementes e sua intensidade de emergência é difícil de estabelecer (Fenner, 1985). Levantamentos da flora daninha emergente também podem proporcionar informações sobre infestações.

## **AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Numa época de preocupação com o impacto das operações de manejo no meio ambiente e necessidade de otimizar os insumos de produção, a aplicação dos mesmos



poderá ser feita de modo variado e localizado, de modo que o retorno em termos de custo/benefício seja máximo. Isso pode ser obtido através do uso da agricultura de precisão (AP), manejando as infestações de plantas daninhas de modo preciso, o que demanda a existência de planejamento e de equipamentos que possam executar essas operações. O uso da AP também pode ser útil na identificação e localização de novas introduções de espécies daninhas, bem como de possíveis focos de espécies com resistência a herbicidas.

Um método recentemente proposto para modelar padrões espaciais de infestação para fins de AP é a krigagem. É um método baseado na teoria de variáveis regionalizadas de Matheron (1965). Considera-se que a incorporação da variabilidade espacial no processo de decisão a nível de predição de perdas de produção, com redução de uso de herbicidas, poderá melhorar as táticas de controle a nível de custo/benefício, resultando na confecção de mapas de infestação (Morthensen et al., 1993; Donald, 1994; Cardina et al., 1995, 1996; Johnson et al., 1995, 1996; Gerhards et al. 1996, 1997; Heisel et al., 1996).

A “Agricultura de Precisão” pode ser definida como “Um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado nas culturas” ou “Tecnologia de aplicação variável de insumos no manejo das culturas agrícolas”, significando que “o mapeamento detalhado dos fatores de produção e a aplicação localizada de insumos são os princípios básicos da agricultura de precisão”.

O uso dos conceitos de agricultura de precisão requer a integração de algumas tecnologias-chave:

- sistema de posicionamento global (GPS), usando um sistema de sensoriamento remoto através de dispositivos em satélite;
- sistema de informações geográficas (GIS), através de um sistema computadorizado de manejo de dados;
- equipamentos para aplicação de insumos a taxas variáveis, e

- monitores de colheita.

Receptores de GPS modernos com correção diferencial (DGPS) são capazes de estabelecer posições dentro do campo com erros de apenas 1 m. Mais recentemente este sinal de correção tem sido disponibilizado através de transmissão via satélite, para o qual o usuário deve pagar uma taxa de utilização, dispensando o uso do sistema fixo.

O sistema GIS é usado para mapear uma lavoura de modo que o produtor pode relacionar as variações de produção com vários parâmetros que afetam a produtividade.

Sensoriamento remoto e fotografias aéreas (fotografia aérea infra-vermelho e videografia multiespectral), integrados com GIS, são instrumentos valiosos em identificar áreas com os mais diversos problemas, aqueles que mais diretamente afetam as produções das culturas como: relações de umidade do solo, pH do solo, infestações de patógenos e extremos em níveis de nutrientes do solo, provendo rápidas informações acerca das condições de lavoura numa estação de crescimento. Dados por imagem também proporcionam uma visão compreensiva da área que mantém uma conectividade espacial entre locais, reduzindo assim a necessidade de modelagem espacial complexa. Por conseqüência, haverá uma redução de tempo e de possíveis gastos decorrentes levantamento por amostragem no campo, seja do banco de sementes no solo ou da flora daninha emergente, de execução um tanto exaustiva.

Atualmente, estão disponíveis sensores para medir continuamente a presença de plantas daninhas, pH do solo, teor de nitrato do solo, status de nitrogênio na cultura, textura do solo e compactação.

Áreas envolvidas com a AP no controle de plantas daninhas incluem:

1. levantamento de plantas daninhas,
2. sistemas de orientação de pulverizações, e
3. planejamento de manejo de plantas daninhas.



Na agricultura de precisão, a implementação do conceito de sistema de pulverização herbicida localizada requer quatro sub-sistemas:

- a) detecção da mancha de plantas daninhas;
- b) software de mapeamento de campo;
- c) localização espacial, e
- d) aplicação de precisão, juntamente com a “estratégia para transformar mapas de campo de plantas daninhas em mapas de tratamento”.

A possibilidade de uso do mapeamento de campo tem sido implementado porque ele tem um grande número de vantagens sobre a detecção em tempo real e o sistema de aplicação. Estas incluem um sistema de decisão facilitado, mais fácil tarefa de detectar manchas de plantas com flexibilidade para escolher tempo de janela de aplicação, pulverização de herbicidas pré-emergentes, de acordo com as manchas de distribuição de plantas daninhas/banco de sementes, previamente mapeadas.

No presente momento, a adoção completa da agricultura de precisão espera pelo suporte do desenvolvimento de sistemas que convertam os dados adquiridos pela tecnologia da agricultura de precisão em conhecimento que seja útil ao agricultor.

O controle localizado de plantas daninhas pode basear-se num sistema em tempo real, completamente automatizado, ou em mapas de campo das infestações. No momento, não existem sistemas em tempo real. Um sistema de injeção direta localizada, baseado em mapas de tratamento, gerados de mapas de campo de plantas daninhas, tem demonstrado sua eficiência em diminuir as aplicações de herbicidas em 40 a 60% (Stafford e Miller, 1996). Christensen et al. (1996) obtiveram 50% de redução no uso de herbicida com o tratamento localizado usando mapas de infestação .

Benefícios prováveis do uso da AP resultam do conhecimento da variabilidade espacial da área de exploração agrícola, como tipos de solo, fertilidade, compactação do solo, doenças, pragas, plantas daninhas e

outras características, que se deseja otimizar em termos de produtividade e de máxima eficiência econômica, bem como da possibilidade de redução da poluição ambiental. Os ganhos com uma cultura podem ser obtidos de duas formas: 1) aumento da produtividade e, 2) aumento do valor comercial.

Enquanto a tecnologia tem se desenvolvido ao ponto que um sistema pode ser construído, é reconhecido que a geração de mapas de plantas daninhas é algo crítico no processo. Para propósitos de pesquisa, levantamentos manuais sistemáticos podem gerar esses mapas, que por métodos de detecção automática de plantas daninhas ainda devem ser desenvolvidos de modo que eles possam ser usados na agricultura de produção.

A habilidade em manejar infestações de plantas daninhas de uma maneira espacial precisa repousa em métodos de mapeamento eficientes das distribuições e em meios efetivos de prever a mudança de distribuição no tempo, como resultado da dispersão de sementes e processos demográficos. "Inicialmente, um levantamento intensivo das plantas daninhas pode ser necessário para produzir um mapa de manchas acurado, que pode ser então, uma base para o manejo de manchas de plantas daninhas e de futuros levantamentos".

### **O sistema de posicionamento global (GPS)**

O sistema (GPS) é composto de um rádio transmissor-receptor que calcula a posição do receptor através do uso de rádio frequência especial emitida por satélite.

Um sistema completo tem sido instalado a partir de 1994, a uma altura de 20 mil quilômetros, promovendo uma cobertura da terra durante 24 horas, capacitando aos receptores receber dados tridimensionais (latitude, longitude e altitude) para uma adequada acurácia, sendo necessários quatro satélites transmissores.

O GPS atinge o seu pleno potencial em Ciência de Plantas Daninhas quando os dados gerados entram no sistema GIS (Sistema de informação geográfico) e ocorre integração plena com outros dados espaciais, permitindo no contexto a análise de toda a outra informação geográfica.

Aplicações da tecnologia GIS como instrumento de manejo de plantas daninhas irá aumentar o conhecimento a cerca de infestações, permitindo maiores informações para decisão sobre métodos de controle.

Considerando-se as possíveis limitações de uso do GPS para atender todas as necessidades de mapeamento, observa-se que existem certas dificuldades na coleta de um grande volume de dados que incluem muitos pontos simultaneamente. (Cite-se o levantamento de banco de sementes e da flora daninha emergente por amostragem, não deixando de ser reconhecido a sua importância em casos mais exploratórios). Assim, deveria ser considerado o uso da fotogrametria ou a obtenção de imagem por satélite através de sensoriamento remoto como um instrumento mais eficiente de coleta de dados.

Posições e áreas limites de infestação podem ser localizadas dentro de uma acurácia de 10 m ou melhor enquanto o GPS se movimenta continuamente e, com acurácia de 2 m ou melhor quando para amostragens repetidas.

Acurácia é definida como “a habilidade do método de levantamento descrever ou envolver a atual área de infestação”.

Receptor de qualidade superior com a capacidade de comunicação com estações de base múltiplas pode produzir dados com acurácia de 0,01 cm ou menos.

Para obter 1 m de acurácia, seria necessário determinar uma média de 132 leituras de amostras. Para uma acurácia de 2 a 10 m é adequada para delimitar limites de muitos levantamentos de plantas daninhas.

A integração de dados de GPS com dados GIS permite um mapeamento preciso de levantamentos e provê

informação suficientemente acurada para possibilitar seu uso em tecnologia de manejo de plantas daninhas.

Estatística clássica e espacial tem sido usadas para descrever e mapear as distribuições em manchas de plantas daninhas em campos aráveis. Estes métodos tem permitido a estimativa de possíveis economias aos produtores através do uso reduzido de herbicidas e foi mostrado por Mortensen et al. (1995) em semeadura direta de milho e soja.

### **Técnicas de levantamento de plantas daninhas**

Técnicas de levantamento de plantas daninhas a nível de campo podem ser feitos através de três maiores categorias de detecção:

- 1) sensoriamento remoto por imagem digital (ground-based),
- 2) sensoriamento remoto por análise de reflectância, e
- 3) GPS por levantamento assistido.

As duas primeiras categorias contornam ou reduzem a necessidade por um levantamento de cultura assistido, baseado no reconhecimento anterior ou durante o momento de aplicação de herbicidas. A tecnologia é orientada para funcionar somente quando plantas de cultura não estão presentes.

A terceira categoria usa levantamento da cultura baseada em GPS ou técnicas de levantamento na colheita para criar mapas georeferenciados para cada lavoura.

Esses mapas podem ser associados com modelos de dispersão de plantas daninhas para predição no mapa de distribuição (mapa de plantas daninhas) no próximo ano. Como dificuldades o mapa requer GPS espacialmente acurado (<2m), manipulação GIS avançado e dispersão acurada de plantas daninhas e modelos de dinâmica de população, que devem interagir com o GIS para produzir os mapas do ano seguinte. Esta aproximação facilita a aplicação

limites de densidades econômicas, que podem ser mais facilmente aceitos pelos agricultores.

Na Tabela 1, são apresentados aspectos de acurácia e eficiência de amostragem de três técnicas de levantamento de plantas daninhas obtidas por georeferenciamento de infestações de aveia-preta em cereais (Colliver et al., 1996).

TABELA 1. Comparação entre três técnicas de levantamento de plantas daninhas, baseado na descrição acurada de manchas e eficiência de amostragem, em infestações de aveia-preta em cereais.

Método de levantamento	Área de infestação determinada	Detalhes de levantamento na delimitação de manchas	Resultados finais
Sensoriamento remoto por imagem digital (densidade de plântulas)	68.6 %	-	Maior consumo de tempo. O menos eficiente.
Sensoriamento remoto por análise de reflectância (perímetro anterior a colheita)	66.5 %	A descrição mais detalhada.	O menor custo. Reduz a área de manejo.
Levantamento por GPS (combinada na colheita)	90.0 %	Menor detalhamento	O mais eficiente.

### **Controle variável de plantas daninhas localizadas (em manchas)**

Enquanto a tecnologia tem se desenvolvido ao ponto que um sistema pode ser construído, é reconhecido que a geração de mapas de plantas daninhas é algo crítico no processo.

Para propósitos de pesquisa, levantamentos manuais sistemáticos podem gerar esses mapas, que por métodos de detecção automática de plantas daninhas ainda devem ser desenvolvidos de modo que eles possam ser usados na agricultura de produção.

### **O conceito de pulverização localizada**

Aplicação localizada de herbicidas pode ser considerado em dois diferentes modos.

No primeiro, um sistema de detecção no tempo real montado num veículo de campo detecta plantas daninhas "individuais" e passa essa informação para um sistema de controle que controla o sistema de pulverização montado num veículo de campo. (Seria adequado às operações de manejo em semeadura direta).

No segundo sistema, mapas de campo de manchas de plantas daninhas, gerados por um sistema de sensoriamento (até agora indefinido) em algum momento anterior a operação de pulverização, seria usado como base para o controle de pulverização.

O mapa de campo provê dados sobre a distribuição das plantas daninhas que, junto com uma informação da confiabilidade dos dados de plantas daninhas e uma estratégia de tratamento das mesmas, pode ser usado para gerar um mapa de tratamento. Este mapa supre essencialmente um sinal de controle bi-dimensional ao controle do pulverizador. Um segundo sistema essencial de sensoriamento é um modo de prover informação dinâmica de posição, tal que a posição do pulverizador pode ser continuamente relacionado com o mapa de tratamento de campo. Com uma barra de pulverização adequadamente dividida, um algoritmo de controle pode então direcionar a aplicação espacial do herbicida. Segundo Gerhards et al. (1999), uma barra com secções menores para controle seletivo é necessária, considerando-se tratar manchas de infestações altamente agregadas. Barras de pulverização com 15 m de largura reduziram em 54% o volume de pulverização, enquanto que com secções de 3 m a redução de pulverização foi de 70%.

A aproximação do mapeamento de campo tem sido implementado porque ele tem um grande número de vantagens sobre a detecção em tempo real e o sistema de aplicação. Estas incluem:



(a) um sistema de decisão, incluindo a seleção de uma formulação adequada de herbicida, baseado na visualização do campo inteiro de infestação, é comparado como o conhecimento da infestação de plantas daninhas que ocorre somente dentro do “volume sensoriado” pela detecção do sistema;

(b) a tecnicamente mais fácil tarefa de detectar manchas de plantas daninhas com um número de diferentes sistemas comparado com a detecção individual com um sistema;

(c) com flexibilidade para escolher tempo janela apropriado para detecção de manchas de plantas daninhas de modo a maximizar o contraste entre elas e a cultura e de modo a possibilitar detecção durante as operações normais de campo;

(d) pulverização de herbicidas pré-emergentes de acordo com as manchas de distribuição de plantas daninhas previamente mapeadas;

(e) a possibilidade de definir o ajuste dos dados de plantas daninhas em termos de fonte de erros e magnitudes de modo a modificar a estratégia de tratamento (Miller et al, 1995).

### **Mapas de manchas de plantas daninhas**

**Sensoriamento de manchas de plantas daninhas.** A aproximação do mapa de campo de planta daninha é receptivo ao uso de vários métodos manual, semi-automático e automático de detecção de manchas. Pesquisa de imagens próximo ao solo de imagens aéreas e interpretação, com levantamento manual assistido usando veículos de levantamento facilitado, de operações de campo e de caminhamento, são uma possibilidade.

A detecção de manchas de plantas daninhas é difícil por causa da similaridade próxima entre as características espectrais de plantas daninhas e culturas. No entanto há

janelas temporais dentro da estação de crescimento, contudo quando os contrastes são aumentados na época de florescimento ou senescência. (Essas possibilidades só ocorrem quando se deixa as infestações se manifestarem numa área).

A detecção de plantas daninhas é um processo de dois estágios: (a) o material verde vegetativo deve ser discriminado do solo, pedra ou outro material, (b) espécies de plantas daninhas devem ser discriminadas de espécies cultivadas. Ver Figura 1.

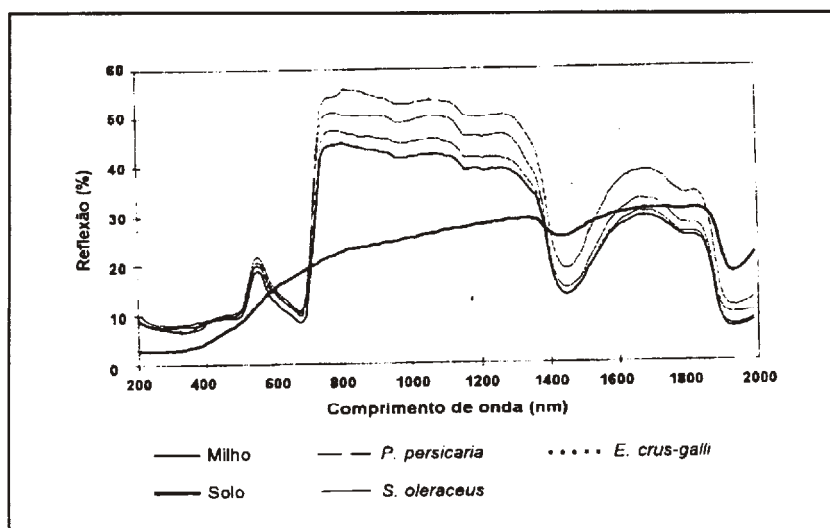


FIGURA 1. Espectros de reflectância para cultura de milho, solo e três espécies de plantas daninhas.

O primeiro estágio pode ser alcançado relativamente simples ao se gerar uma imagem índice de vegetação de imagens capturadas nas bandas de absorção infra-vermelho (>700 nm) e de absorção da clorofila (-680 nm).

Recentes pesquisas tem estudado métodos de captura de imagens através de aeromodelos rádio-controlados, identificando tempo e janela espectral de contraste

aumentado, e usando técnicas de interpretação de imagens para discriminar manchas de plantas daninhas de culturas.

**Mapas de tratamento.** Um mapa de tratamento é gerado de um mapa de plantas daninhas grosseiro através de uma ou duas aproximações. Se ocorre confiança nos dados de plantas daninhas então um programa de edição relativamente simples é usado para coalescer pequenas manchas de plantas daninhas, dilatar manchas e aplicar uma estratégia de aplicação de herbicidas que é dependente de espécies e densidade de infestação. O efeito da dilatação é para colocar um anel de resguardo ao redor de cada mancha para incertezas de posicionamento e aplicações de pulverização, associadas ao pulverizador de campo. Em realidade, ocorre considerável incerteza no mapa de campo em termos de posicionamento acurado, definição de limites de mancha, infestação de plantas daninhas e identificação de espécies.

### **Mapas de manchas de plantas daninhas no solo**

Um importante conceito em agricultura de precisão inclui época de aplicação localizada de herbicidas. Isso requer medições confiáveis ou estimativas do nível de infestação de plantas daninhas em cada estação de crescimento ou em vários locais através do campo, assim que decisões quanto a necessidade ou não de pulverizar ou doses possa ser feito de acordo com a atual necessidade em vez de usar determinadas doses recomendado por firmas de herbicidas. Sistemas de suporte de decisões computadorizados, tecnologia de posicionamento e equipamento de pulverização tem tornado possível para produtores variar doses de herbicidas baseado na densidade e distribuição das plantas daninhas num campo.

Determinando a densidade e a distribuição de plantas daninhas no campo e subseqüentemente ajustando as doses de herbicidas a serem aplicados apresenta alguns problemas

práticos, especialmente para herbicidas pré-emergentes, como medida direta da densidade de plantas na época de aplicação. Assim super- ou sub-estimativas podem ocorrer por causa da variação temporal em condições ambientais que afeta a dormência e germinação de sementes de plantas daninhas. Para usar o estudo de banco de sementes na estimativa da composição e densidade da infestação requer um conhecimento sobre dinâmica de populações, como dormência, longevidade e periodicidade das espécies daninhas. A distribuição vertical das sementes e do mulch em sistemas convencional e direto, combinado com época de uso do solo e clima, irá causar diferentes padrões de emergência, resultando em dificuldades em estabelecer uma relação quantitativa.

Zhang et al. (1998) observaram relação positiva entre flora de plantas daninhas total ou individual, por espécie e o banco de sementes. Para espécies de sementes grandes, a relação entre amostragem na profundidade de 0-7,5 cm gerou melhores resultados que a maior profundidade de 0-15 cm. Em geral, 3 a 7% do banco de sementes ativo no solo foi capaz de produzir plântulas. Os resultados sugerem que o nível de infestação numa estação de crescimento pode ser predita usando-se as sementes no banco de sementes do solo.

### **Método de estudo da distribuição espacial de plantas daninhas**

Para avaliar as necessidades para as medidas de controle e as respostas de populações de plantas daninhas às práticas culturais e variáveis ambientais, administradores necessitam de descrições realísticas das populações de plantas daninhas. Tais descrições requerem informações com uma dimensão espacial, porque as plantas daninhas não são distribuídas uniformemente nem estáticas através do campo. Produtores necessitam de informação espacial

descrevendo onde as plantas daninhas estão locadas e de como elas poderiam se espalhar dentro e entre os campos.

A maioria dos estudos de distribuição espacial tem usado algum tipo de estratégia de amostragem em grade, onde as amostras são obtidas de uma forma não casualizada, a intervalos regulares de grade, num plano bi-dimensional. Nenhuma vantagem existe para a amostragem em grade em relação a facilidade de se assinalar coordenadas aos locais de amostragem.

**Análise estatística.** Estatística espacial (geoestatística) tem sido aplicada recentemente na detecção, descrição e mapeamento da distribuição espacial das plantas daninhas em que padrões estatísticos aplicados são confundidos com auto-correlação espacial. Esta aproximação começa com modelagem e interpretação de semivariogramas, em que a variância entre os pontos amostrados (a semivariância) é plotada contra a distância entre pares de pontos amostrados.

A krigagem é um procedimento de estimativa espacial, que provê o melhor ajuste do estimador linear não viciado, com variância mínima. A krigagem é um método de estimativa local, que usa a dependência espacial de uma variável particular para o procedimento de estimativa, por exemplo, distribuição de plantas daninhas, usado no preparo de mapas de infestação (Mortensen et al., 1993; Donald, 1994; Cardina et al., 1995; Heisel et al., 1996). É um método baseado na teoria de variáveis regionalizadas de Matheron (1965). Mapas foram bem estimados usando uma krigagem na base de grade de 10 m x 10 m. Ao usar grade de 20 m x 30 m ocorreu similaridade pobre em relação a atual distribuição das plantas daninhas (Heisel et al., 1996).

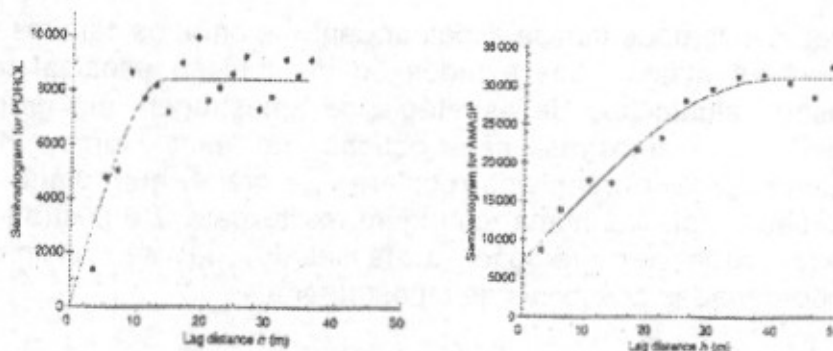


FIGURA 2. Semivariograma experimental (765 pontos) ajustado para o modelo esférico de caruru (AMASP) (à esquerda) e beldroega (POROL) (à direita).

A variabilidade espacial de espécies de plantas daninhas pode ser descrito por um semivariograma ( $\gamma(h)$ ), que expressa a dependência espacial entre a densidade de plantas daninhas a diferentes distâncias de separação e direções.

O semivariograma empírico é caracterizado por três parâmetros – a variância nugget, sill e range. A variância nugget é a descontinuidade no intervalo zero (i.e.  $h = 0$ ), devido a ambos as medidas de erro e variação dentro do intervalo da distância amostral. O sill, indica a distância de influência em que as observações são espacialmente não correlacionadas, usado para estimar a range. A range é a variância máxima constante a distâncias excedendo a amplitude de influência, ou seja, é a distância em que os valores da propriedade se tornam espacialmente independentes um do outro.

Um modelo pode ser adequado a um auto- ou cross-semivariograma usando por exemplo um modelo de equação esférico, exponencial, gaussiano ou linear.



A co-krigagem, é uma extensão da krigagem para uma situação em que duas ou mais variáveis são espacialmente intercorrelacionadas. A ocorrência de espécies de plantas daninhas é muitas vezes correlacionado com propriedades do solo (Andreasen et al., 1991), que poderia ser usado para melhorar o mapeamento das infestações. Estimativas usando a dependência espacial da variável principal (por ex. densidade de plantas daninhas) e uma co-variável (por ex.: nível de Ca), a resultante da correlação entre essas duas variáveis é chamado de co-krigagem. Posteriormente, por meio da co-krigagem se poderá estimar densidades de plantas daninhas igualmente bem com menor número de observações de plantas daninhas, uma vez que amostragem de plantas daninhas consome muito tempo (Heisel, 1999). O objetivo é obter melhor estimativa em termos de desvio mínimo e uma variância estimada mínima. Conseqüentemente, resultados de propriedades de solo densamente amostradas poderiam suportar estimadores de plantas daninhas mais esparsamente amostradas.

**Mapeamento e interpretação.** Modelos matemáticos descrevendo o semi-variograma são usados em krigagem para produzir estimativas não viciadas de valores em locais não amostrados, para uso em mapeamento. Uma vantagem da krigagem sobre outros métodos de interpolação, como a análise de tendência de superfícies, é que o método provê uma medida associada com os valores preditos, que podem ajudar a desenvolver estratégias de amostragem.

Para mapear plantas daninhas sobre grandes regiões geográficas, pesquisadores tem usado técnicas de sensoriamento remoto para ajudar no exercício da decisão em manejos de plantas daninhas e de recursos. Imagens de vídeo digitalizadas foram usadas para estimar e mapear "leafy spurge" com sistema GPS. Estes mapas de populações ajudaram a entender como as populações mudam no tempo e espaço em resposta a o manejo.

### **Algumas conseqüências da distribuição espacial.**

A mais confiável generalização que pode ser feita em consideração a distribuição espacial de plantas daninhas é que indivíduos de espécies não são distribuídas ao acaso nem de modo uniforme, embora muitas vezes seja assumido no caso de amostragem, predição de perdas de cultura e manejo de plantas daninhas. Conseqüências:

- a) Para o levantamento. O impacto da distribuição espacial no protocolo de levantamento depende se os dados são necessários para descrever uma composição de espécies daninhas, densidade média, áreas de infestação ou a combinação desses fatores. Para detectar populações esparsas, como para plantas daninhas resistentes ou espécies daninhas recém introduzidas, uma intensidade de amostragem relativamente alta é requerida (assume alto nível de agregação). Modelos de manejo de plantas daninhas baseiam-se em estimativas de densidade média de plantas daninhas. Distribuições agregadas espaciais afetam a acurácia, por causa da formação de agrupados, induzindo altas variâncias nas amostragens. As médias das densidades de população pode ter um valor limitado como descritor da distribuição das plantas daninhas, como observado para tiririca: média de 33 plantas/m<sup>2</sup>, mas a espécie daninhas só estava presente em 52% da área.
- b) Para a predição de perdas de produção. A distribuição espacial de plantas daninhas irá afetar estimativas de perdas de produção e por isso, decisões de manejo antecipado de plantas daninhas para um determinado nível de perda. Assumindo uma distribuição uniforme pode superestimar a perda de produção de uma população de plantas daninhas que está de fato numa forma agregada. Isso, porque competição intraespecífica entre as plantas daninhas agregadas reduz a competição entre elas e a cultura.
- c) Para o manejo de plantas daninhas. A desuniformidade na distribuição de plantas daninhas é uma importante fonte

de ineficiência no seu manejo. Uma grande porcentagem dos campos com cultura estão abaixo do limite crítico de densidade, mesmo quando a densidade média do campo está acima do limite.

- d) Áreas de pesquisa futuras. Muitos estudos tem focado na biologia inerente para determinar produção de sementes, dormência de sementes, estabelecimento de plântulas e sobrevivência de sementes e plântulas (dinâmica de populações). Uma descrição realística de populações de plantas daninhas deveria considerar respostas de plantas daninhas a padrões de propriedades químicas e físicas que pode regular fatores como sobrevivência de sementes, crescimento de plântulas, competição, susceptibilidade a predação, dispersão e assim por diante. O benefício potencial do manejo de plantas daninhas localizado depende do grau que permite o uso do herbicida ser reduzido.

### **Pulverizador de aplicação localizada**

Um sistema de pulverização em manchas consistindo em detecção de plantas daninhas, mapeamento, localização e um subsistema de aplicação de precisão tem sido desenvolvido e avaliado na Silsoe Research Institute (Stafford e Miller, 1996). Tem sido demonstrado que mirando os herbicidas para manchas de plantas daninhas gramíneas em culturas de cereais conduz para uma redução média de herbicida de 40 a 60%, dependendo na distribuição das manchas no campo.

Enquanto a tecnologia tem desenvolvido os aspectos de construção do sistema, é reconhecido que o desenvolvimento de mapas de plantas daninhas é um caminho crítico nesse processo.

Para propósitos de pesquisa, levantamentos sistemáticos manuais podem gerar mapas de plantas daninhas, porém métodos automáticos de detecção de

plantas daninhas ainda devem ser desenvolvidos ao ponto de que eles possam ser usados na produção agrícola.

### **Pulverizador experimental**

O pulverizador experimental desenvolvido na Silsoe Research Institute é baseado numa barra de 12 m, com duas linhas paralelas de pulverização, com grupos de bicos em número de quatro, espaçados a 50 cm. Um sistema de injeção direta é usado em que a água do tanque de pulverização é misturada com o herbicida concentrado dosado de um cilindro conforme a demanda. A vazão de cada seção da barra é controlado separadamente de um sistema de controle central via válvula solenóide. Duas linhas, quatro níveis de controle (incluindo off) estavam disponíveis dependendo da estratégia de pulverização usada. Por exemplo, uma concentração básica pode ser suplementada em uma linha com concentração diferente na segunda. Assim, três níveis de concentração poderiam ser aplicados. Alternativamente, duas formulações de herbicidas poderiam ser usadas e a proporção aplicada a diferentes áreas do campo de modo variável.

### **Sistema de controle**

O sistema de controle do pulverizador foi baseado em dois cartões simples de microcomputador (um para cada linha de aplicação) implementando um controle algorítmico proporcional mais integral mais derivativo. O data bus tem seis nós. O PC opera duas funções: primeiro, recebe sinais de controle (GPS, velocidade da roda, input do operador) relacionado com o mapa de tratamento da memória e emite sinais de controle para o sistema de controle do pulverizador; e segundo, monitora a atuação do sistema através de anotar dados de retroalimentação do controlador do pulverizador.

### **Sistema de posicionamento e pulverizador**

A especificação para o sistema experimental de pulverização localizada produz uma resolução básica de 2 m x 2 m (i.e. a largura das secções da barra). Esta especificação indicava a necessidade de resolver posição em torno de 1 m. Provisão foi feita para calibrar a unidade no campo e resultados mostraram que uma acurácia de +1% poderia ser obtida em terreno nivelado sob limitada distância, mas que isso baixou para 2,5% em campos razoavelmente ondulado (Rew et al, 1996).

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A agricultura de precisão deverá iniciar-se fazendo uma crítica objetiva da evolução tecnológica da agricultura atual. Considerações teóricas iniciais de levantamentos de infestações de plantas daninhas devem ser entendidas, bem como o seu uso prático em lavouras.

Dentro de perspectivas econômicas, é necessário melhorar o conhecimento da relação custo/benefício. A viabilização ampla de sistemas para levantamento de propriedades agrícolas deve ser complementada pelo interesse de empresas em produzir equipamentos para aplicação localizada de insumos.

Para uma possível adoção do sistema de AP pelo o agricultor, é necessário que os custos sejam baixos, sustentados possivelmente por sistemas cooperativos de agricultores. Supõe-se também que o levantamento das áreas de infestação de plantas daninhas deva ser facilitado por imagens digitais aéreas de baixo custo, executado com o auxílio de balões, ultraleves, aeromodelos rádio-controlados, etc... , usando câmaras digitais.

Levantamentos complementares de bancos de sementes, da emergência de plantas daninhas e de outras variáveis da produção, bem como dados de produções

obtidos por máquinas colhedoras da produção, irão melhorar as informações de controle.

A confecção de mapas de infestação e de tratamento vão requerer maiores conhecimento da dinâmica de populações de plantas daninhas. Esta é afetada pelos diferentes manejos da cultura, devendo-se analisar os seus efeitos sobre a produção da cultura a níveis críticos econômicos. Os mapas proporcionam condições antecipadas de planejamento das operações e serão viabilizados por meio de softwares especialistas.

Para o controle das infestações, de modo localizado, orientado por GPS/DGPS, é necessário considerar a divisão da barra de pulverização em várias seções de acionamento independente, para aplicações de diferentes opções de tratamento, produtos herbicidas e doses, e com maior economia por área de lavoura.

No manejo da cultura em semeadura direta, na operação de manejo em pré-plantio, visualiza-se a possibilidade do controle facilitado por detecção direta, através de herbicidas totais; em pós-semeadura, com herbicidas de pré-emergência, ou de pós-emergência em presença da cultura, o uso de mapas diagnósticos.

Enquanto colhedoras com sistema de separação de espécies daninhas poderiam evitar a dispersão e reinfestações numa lavoura, outras espécies dispersam antes da maturação e podem ser reduzidas por coberturas vegetais (efeitos alelopáticos) de culturas em rotação. Em sistemas convencionais de preparo do solo, com arado e grade, o deslocamento de infestações ao longo do preparo do solo é possível. Informações da disposição de manchas de plantas daninhas, obtidas em mapas no seu primeiro ano, poderiam ser usadas em anos seguintes e atualizados.



**LITERATURA CONSULTADA**

- ANDERSON, G.L.; YANG, C. Multispectral videography and geographic information systems for site-specific farm management. *Precision Agriculture, Netherlands*, v.1, n.1, p.681-68-, 1999.
- ANDREASEN, C; STREIBIG, J.C.; HAAS, H. Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. *Weed Research, Oxford*, v.31, p.181-187, 1991.
- BALL, D.A.; MILLER, S.D. A comparison of techniques for estimation of arable soil seed banks and their relationship to weed flora. *Weed Research, Oxford*, v.29, p.365-373, 1989.
- BLANCO, H.G.; BLANCO, F.M.G. Efeito do manejo do solo na emergência de plantas daninhas anuais. *Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília*, v.26, n.2, p.215-220, 1991.
- BURNSIDE, O.C.; MOOMAW, R.S.; ROETH, F.W.; WILSON, R.G. Weed seed demise in soil in weed-free corn (*Zea mays*) production across Nebraska. *Weed Science, Champaign*, v.34, p.248-251, 1986.
- CARDINA, J.; SPARROW, D.H.; McCOY, E.L. Analysis of spatial distribution of common lambsquarters (*Chenopodium album*) in no-till soybean (*Glycine max*). *Weed Science, Champaign*, v.43, p.258-268, 1995.
- CARDINA, J.; SPARROW, D.H.; McCOY, E.L. Spatial relationships between seedbank and seedling population of common lambsquarters (*Chenopodium album*) and annual grasses. *Weed Science, Champaign*, v.44, p.298-308, 1996.
- CARDINA, J.; JOHNSON, G.A.; SPARROW, D.H. The nature

and consequence of weed spatial distribution. *Weed Science*, n.45, p.364-373, 1997.

CHRISTENSEN, S.; HEISEL, T.; WALTER, A.M. Patch spraying in cereals. *In: Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Danish Institute of Plant and Soil Science, Foulum, Denmark, p.963-968, 1996.*

COLLIVER, C.T.; MAXWELL, B.D.; TYLER, D.A.; ROBERTS, D.W.; LONG, D.S. Georeferencing wild oat infestations in small grains: Accuracy and efficiency of three weed survey techniques. *In: Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, p.453-463, 1996.*

COUSENS, R.; BRAIN, P. O'DONAVAN, J.T.; O'SULIVAN. The use of biologically realistic equations to describe the effects of weed density and relative time of emergence on crop yield. *Weed Science, Champaign, v.35, p.720-725, 1987.*

DAY, W, PAICE, M.E.R.; AUDSLEY, E.. Modelling weed control under spatially selective spraying. *Acta Horticulturae, 406 (accepted for publication). 1996*

DENT, J.B.; FAWCETT, R.H.; THORNTON, P.K. Economics of crop protection in Europe with reference to weed control. *In: Proceedings 1989 Brighton Crop Protection Conference – Weeds, Brighton, p.917-926, 1989.*

DONALD, W.W. Geostatistics for mapping weeds, with a Canada Thistle (*Cirsium arvense*) patch as a case study. *Weed Science, Champaign, v.42, p.648-657, 1994.*

FERNANDEZ-QUINTANILLA, C. Studying the population dynamics of weeds. *Weed Research, Osney Mead, v.28, p.443-447, 1988.*

- FENNER, M. Chapter 4. *In: Seed Ecology*. New York, NY: Chapman Hall, p.87-104, 1985
- FORCELLA, F.; WILSON, R.G.; RENNER, K.A.; DEKKER, J.; HARVEY, R.G.; ALM, D.A.; BUHLER, D.D.; CARDINA, J. Weed seedbank of the U.S. corn belt: magnitude, variation, emergence, and application. *Weed Science*, Champaign, v.40, p.636-644, 1992.
- FORCELLA, F.; DURGAN, B.R.; BUHLER, D.D. Management of weed seedbanks. *In: Second International Weed Control Congress*, Copenhagen, Denmark, 25-28 June, 1996. PROCEEDINGS. p.21-26
- FROST, A R.. A pesticide injection metering system for use on agricultural spraying machines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, n.46, p.55-70, 1990.
- GERHARDS, R.; SOKEFELD, C.; TIMMERMANN, S.; REICHART, S.; KUHBAUCH, W. Results of a four-year study on site-specific herbicide application. *In: Precision Agriculture '99*, John V. Stafford.(Ed), Oxford: BIOS Scientif Publishers Ltd., p.689-697, 1999.
- GERHARDS, R.; WISE-PESTER, D.Y.; MORTENSEN, D.A. Characterizing spatial stability of weed populations using interpolated maps. *Weed Science*, Champaign, v.45,p.108-119, 1997.
- GHERSA, C.M.; ROUSH, M.L. Searching for solutions to weed problems. Do we study competition or dispersion? *Bioscience*, v.43, p.104-109, 1993.
- GROENENDAEL, J.M. van. Patchy distribution of weeds and some implications for modelling population dynamics: a short literature review. *Weed Research*, Oxford, v.28, p.437-441, 1988.

- HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S.; WALTER, A.M. Weed managing model for patch spraying in cereal. In: Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, p.999-1007, 1996.
- HEISEL, T.; ERSBOLL, A.K; ANDREASEN, C. Weed mapping with co-kriging using soil properties. Precision Agriculture, Netherlands, v.1, n.1, p.39-52, 1999.
- JONHSON, G.A.; MORTENSEN, D.A.; MARTIN, A.R.. A simulation of herbicide use based on weed spatial distribution. Weed Research, Oxford, v.35, p.197-205, 1995.
- JONHSON, G.A.; MORTENSEN, D.A.; GOTWAY, C.A. Spatial and temporal analysis of weed seed populations using geostatistics. Weed Science, Champaign, v.44, p.704-710, 1996
- LANGE, A.F. Centimeter accuracy differential GPS for precision agriculture applications. Precision Agriculture, Netherlands, v.1, n.1, p.675-680, 1999.
- LASS, L. W. ; CALLIHAN, R.H.. GPS and GIS for weed survey and management. Weed Technology, v.7, p.249-254, 1993.
- LAWSON, H.M. The use of weed seedbank in the selection of herbicide recommendations. Weed Research, Oxford, v.28, p.486, 1988.
- LEGUIZAMÓN, E.S. Seed survival and patterns of seedling emergence in *Sorghum halepense* (L.) Pers. Weed Research, Osney Mead, v.26, p.1-7, 1986.
- LEMS, G.J.; CLAY, S.; FORCELLA, F. Weed population variability as influenced by different sampling approaches

- on a field wide scale. Precision Agriculture, Netherlands, v.1, n.1, p.569, 1999
- MARSHALL, E.J.P.. Field-scale estimates for grass weed populations in arable land. Weed Research, Oxford, n.28, p.191-198, 1988.
- MATHERON, L. Les variables régionalisées et leur estimation. Masson, Paris
- MILLER, P.C.H.; STAFFORD, J.V.; PAICE, M.E.R.; REW, L.J. The patch spraying of herbicides in arabic crops. Proceedings Brighton Crop Protection Conference - Weeds, pp.1077-1085, 1995.
- MORTENSEN, D.A.; JOHNSON, G.A.; YOUNG, L.J. Weed distribution in agricultural fields. Proc ASA-CSSA-SSSA, Soil Specific Crop Management, p.113-124, 1993.
- PAICE, M.E.R.; MILLER, P.C.H.; DAY, W. Control requirements for spatially selective herbicide sprayers. Computers and Electronics in Agriculture, n.14, p.163-177, 1996.
- REW, L.J.; CUSSANS, G.W.; MUGGLESTONE, M.A.; MILLER, P.C.H... A technique for mapping the spatial distribution of *Elymus repens*, with estimates of the potential reduction in herbicide usage from patch spraying. Weed Research, Oxford, v.36, p.283-292, 1996.
- ROBERTS, H.A.; FEAST, P.M. Fate of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. Weed Research, Osney Mead, v.12, p.316-324, 1972.
- SEIFERT, G.; VOLL, E. Cobertura de aveia e calagem sobre *Euphorbia heterophylla* L. em semeadura direta de soja. Planta Daninha, Botucatu, 2000. (No prelo)

- SHANAHAN, J.F.; SCHEPERS, J.S.; LUCIARI JR., A. Precision farming: Its present status in the USA, p.260-266. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. Anais ... Londrina: Embrapa Soja, 1999. 533p. (Embrapa Soja, Documentos, 124)
- STAFFORD, J.V.; AMBLER, B. In-field location using GPS for spatially variable field operations. Computers and Electronics in Agriculture, v.11, p.23-36, 1994.
- STAFFORD, J.V.; BOLAM, R.C. Reliable positioning for precision agriculture operations. Proc. 3rd Int. Conference on Precision Agriculture, Minneapolis, USA, 23-26 June, 1996.
- STAFFORD, J.V.; LE BARS, J.M.; AMBLER, B. A hand-held data logger with integral GPS for producing weed maps by field walking. Computers and Electronics in Agriculture, v.14, p.235-247, 1996.
- STAFFORD, J.V.; MILLER, P.C.H. Spatially selective application of herbicides to cereal crops. Computers and Electronics in Agriculture, v.9, p.217-229, 1993..
- STAFFORD, J.V.; MILLER, P.C.H. Spatially variable treatment of weed patches. In: Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA, Madison, p.464-474, 1996.
- THOMPSON, J.F.; STAFFORD, J.V.; AMBLER, B.. Weed detection in cereal crops. ASAE Paper No.90-1629. 1990.
- THORNTON, P.K.; FAWCETT, R.H.; DENT, J.B; PERKINS, T,J. Spatial weed distribution and economic thresholds for weed control. Crop Protection, v.9, p.337-342, 1990.
- VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P.; KARAN, D. Dinâmica de populações de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. sob manejos de solo e de herbicidas. 1. Sobrevivência.



- Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.30, n.12, p.1387-1396, 1995.
- VOLL, E.; GAZZIERO, D.L.P.; KARAN, D. Dinâmica de populações de *Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch. sob manejos de solo e de herbicidas. 2. Emergência. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.31, n.1, p.27-35, 1996.
- WILES, L.J.; WILKERSON, G.G.; GOLD, H.G.; COBLE, H.D. Modelling weed distribution for improved postemergence control decision. Weed Science, Champaign, v.40, p.546-553, 1992.
- WILSON, B.J.; BRAIN, P. Weed monitoring on a whole farm - patchiness and the stability of distribution of *Alopecurus Myosuroides* over a ten year period. Proceedings of European Weed Society Symposium - Integrated Weed Management in Cereals, p.47-52, 1990.
- ZANIN, G.; RIELLO, L. Incorporation of weed spatial variability into the weed control decision-making process. Weed Research, Oxford, v.38, p.107-118, 1998.
- ZHANG, J.; HAMMIL, A.S.; GARDINER, I.O.; WEAVER, S.E. Dependence of weed flora on the active soil seedbank. Weed Research, Oxford, v.38, p.143-152, 1998.



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.