

# **AGRICULTURA DE PRECISÃO**

## **APLICAÇÃO LOCALIZADA DE HERBICIDAS**

ULISSES ROCHA ANTUNIASSI – Professor Doutor do Departamento de Engenharia Rural  
FCA/UNESP - Botucatu/SP

### **1. INTRODUÇÃO**

O mapeamento detalhado dos fatores de produção e a aplicação localizada de insumos são princípios básicos da agricultura de precisão. A prática da agricultura de precisão pode trazer diversos benefícios, englobando aspectos econômicos e ambientais. Do ponto de vista econômico, a aplicação localizada permite a priorização do investimento em insumos (fertilizantes, sementes, etc) nas áreas onde o potencial de produção seja mais efetivo, garantindo a possibilidade de maior retorno econômico com menores investimentos. O mesmo pode ser verificado no caso dos tratamentos fitossanitários, pois a aplicação localizada pode significar reduções de mais de 60% nas quantidades de defensivos utilizados. Considerando-se os aspectos ambientais, a racionalização e redução do uso de fertilizantes e defensivos deve ser avaliada como um dos principais benefícios da utilização da agricultura de precisão.

#### **1.1. Mapeamento de fatores ligados à cultura**

Historicamente, o rendimento das culturas tem sido o principal fator a ser estudado quanto a variabilidade espacial. Diversas técnicas e equipamentos encontram-se disponíveis para este propósito, sendo que a técnica mais desenvolvida em termos científicos e comerciais corresponde ao monitoramento e mapeamento da produção de grãos. Paralelamente ao desenvolvimento de

sensores e sistemas dedicados às colhedoras automotrizes para grãos, diversos trabalhos têm sido realizados visando aprimorar as técnicas de coleta de dados para o mapeamento georeferenciado da produtividade de outras culturas como, por exemplo, cana-de-açúcar, batata, tomate e forragens.

## **1.2. Mapeamento de fatores ligados ao solo**

A grande quantidade de estudos relacionando mapeamento de produção, fertilidade dos solos e aplicação de fertilizantes em doses variáveis representa uma amostra do interesse comercial nas atividades ligadas a Agricultura de Precisão. Do ponto de vista científico, entretanto, muito se tem estudado sobre as reais necessidades em termos de resolução espacial quando da definição do grid de amostragem para as coletas de solo. Este fato apresenta grande importância, principalmente em função do alto custo envolvido nesta atividade. Comercialmente, muitas empresas adotam coleta de dados através da razão de uma amostra composta para cada área de 1,0 a 2,0 ha. Além das questões ligadas à fertilidade, outros fatores têm sido estudados de maneira georeferenciada. Como exemplo, podem ser citadas avaliações de temperatura, compactação, profundidade efetiva do solo, etc. Outro ponto importante no desenvolvimento tecnológico do monitoramento dos fatores ligados ao solo corresponde a adoção de sistemas e ferramentas on-line para avaliação de parâmetros do solo, como sensores para avaliação da resistência do solo, textura, compactação, nutrientes e teor de água.

## **1.3. Aplicação localizada de insumos**

O conceito da aplicação localizada tem sido utilizado com grande sucesso nas operações de adubação, por exemplo, através do cruzamento de informações dos mapeamentos de fertilidade

e produção da cultura. Isto torna possível que os fertilizantes sejam utilizados somente nas quantidades e locais necessários, eliminando a aplicação de doses uniformes em área total. Da mesma forma que a aplicação de fertilizantes pode ser controlada pontualmente dentro de uma área de produção, outros insumos também podem ser manejados de acordo com esta tecnologia, incluindo os corretivos, as sementes e os defensivos. Um exemplo clássico do ciclo de operações de um sistema de agricultura de precisão com aplicação localizada de insumos pode ser visto na Figura 1.

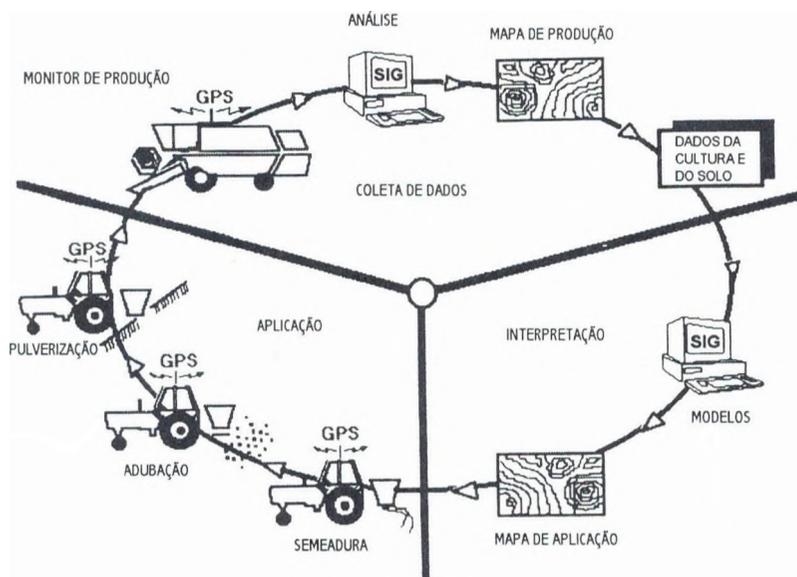


Figura 1 - Ciclo de operações em um sistema de agricultura de precisão.(1)

O sistema é composto de três fases principais: a coleta de dados para o mapeamento, a interpretação dos mapas e a aplicação localizada. No caso de fertilizantes e sementes, por exemplo, o processo se inicia com a coleta de informações localizadas sobre a produção de grãos. Máquinas de colheita equipadas com sistemas de posicionamento global diferencial (DGPS) e

monitores de produção registram a quantidade de grãos produzidos (kg/ha) em cada ponto da área em questão. A seguir, utilizando-se conceitos estatísticos e sistemas de informações geográficas (SIG), estas informações são processadas para gerar os mapas de produção, os quais fornecem uma visualização do desempenho da cultura em cada parte da área de plantio. Na segunda fase, o produtor tem condições de planejar a aplicação dos insumos, baseando-se na interpretação dos mapas de produção e na análise das condições do solo (fertilidade, compactação, etc). Nesta etapa, torna-se muito importante a análise da evolução e do comportamento desses fatores ao longo do tempo. Tal planejamento resulta nos mapas de aplicação, os quais serão utilizados pelos sistemas computadorizados para controlar as máquinas de aplicação na terceira fase (aplicação localizada dos insumos). Durante a aplicação, as máquinas recebem informações do seu exato posicionamento no campo (através do DGPS) e, de acordo com os mapas de aplicação, depositam somente a quantidade necessária dos insumos, apenas nos locais planejados.

## **2. APLICAÇÃO LOCALIZADA DE HERBICIDAS**

A determinação do posicionamento dos alvos para a definição dos locais onde serão realizadas as aplicações é uma das etapas mais importantes dos sistemas de aplicação localizada. Conceitualmente, duas metodologias podem ser utilizadas para este propósito. A primeira opção considera a detecção do alvo e controle da aplicação em um sistema “on-line”, onde o equipamento vai sendo deslocado sobre o campo de aplicação, os alvos vão sendo identificados através de sensores e a aplicação vai sendo realizada somente sobre as áreas desejadas, tudo em uma única operação. A outra opção compreende a coleta de informações para a elaboração de um mapa eletrônico georeferenciado dos alvos (mapa de tratamento ou aplicação), o qual é usado pelo sistema de controle do equipamento aplicador para comandar a distribuição localizada dos insumos. Ambas as metodologias são viáveis, mas há uma tendência maior da utilização dos

mapas de tratamentos em função da grande complexidade da utilização prática dos sensores de alvos nos sistemas “on-line”.

## **2.1. Detecção instantânea das plantas daninhas**

A detecção instantânea (“on-line”) das plantas é um conceito que vem sendo muito estudado como solução técnica para a aplicação localizada de herbicidas. A princípio, duas são as possibilidades para a detecção das plantas. A primeira tecnologia utiliza sensores óticos que identificam as diferenças na reflexão da luz pelas diversas superfícies encontradas nas áreas agrícolas, como as plantas daninhas, a cultura, os restos vegetais, o solo, etc (Figura 2). Através de sistemas de controle eletrônico, a pulverização é realizada somente onde esta reflexão indicar a presença de determinados alvos (Figura 3). Uma das dificuldades para a viabilização comercial deste tipo de tecnologia é a própria sensibilidade dos sensores, os quais precisam ser recalibrados constantemente em função das variações das características das superfícies de aplicação, como mudanças nas tonalidades das cores das plantas, da palha e do solo, por exemplo. Além disso, fatores como altura e posicionamento dos sensores com relação aos alvos e o próprio tempo de resposta do sistema tornam sua utilização bastante complexa.

Outra opção para a detecção e identificação dos alvos é a análise instantânea de imagens. Neste caso, imagens de uma câmera de vídeo podem ser processadas para possibilitar a identificação imediata das plantas daninhas, propiciando informações ao sistema de controle do pulverizador sobre sua presença e localização. A Figura 4 (A) mostra uma imagem obtida de vídeo onde é possível visualizar as plantas da cultura, as plantas daninhas e o solo. O desenho ao lado (B) representa uma interpretação feita pelo sistema eletrônico de processamento das imagens, mostrando as plantas da cultura na cor branca, o solo em preto e as plantas daninhas em tons de cinza.

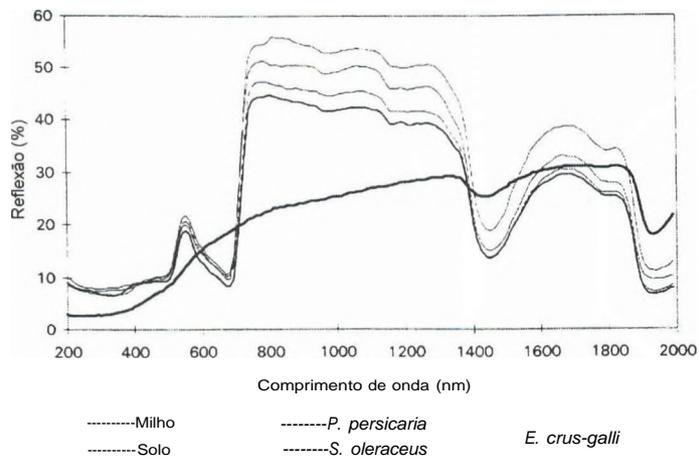


Figura 2 - Diferenças na reflexão da luz para o milho, solo e algumas plantas daninhas/2'

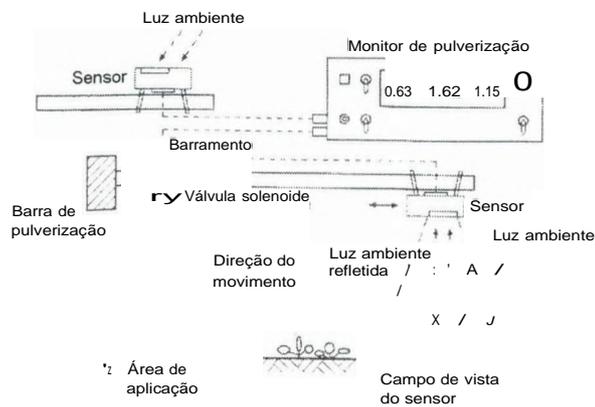


Figura 3 - Sistema de detecção de plantas e controle da pulverização através de sensores óticos/3'

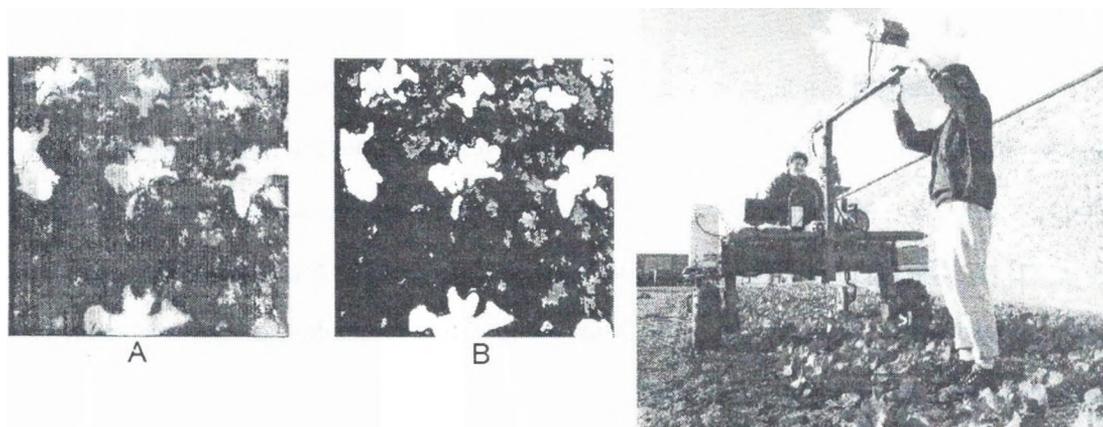


Figura 4 - Imagem obtida com a câmera de vídeo mostrada à direita, apresentando plantas da cultura intercalada com infestantes (A). Após o processamento da imagem (B), é possível identificar as plantas da cultura na cor branca, o solo em preto e as plantas daninhas em cinza.(4)

## 2.2. Aplicação baseada em mapas de tratamento

Para aplicação de herbicidas, alguns sistemas utilizam pulverizadores para depositar diferentes defensivos e/ou diferentes doses de maneira localizada, de acordo com informações de um mapa eletrônico da área (mapa de aplicação ou tratamento). O mapeamento é realizado antes da aplicação, através do levantamento das áreas de infestação e suas características, usando o DGPS para a localização dos alvos. Este mapa é armazenado no computador que controla o pulverizador, e a medida que o mesmo se desloca no campo, doses adequadas dos herbicidas vão sendo aplicadas apenas nos locais desejados.

### **2.2.1. Sistema de posicionamento global diferencial (DGPS)**

A viabilidade da aplicação localizada através de mapas depende da possibilidade de se saber a posição exata do alvo e do equipamento de aplicação durante o deslocamento no campo. A tecnologia mais empregada para isto utiliza o Sistema de Posicionamento Global ou "GPS" (em inglês: "Global Positioning System"). Iniciado na década de 70, o programa de implantação do GPS, realizado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, previu a colocação de 24 satélites em órbita da terra. O princípio de funcionamento considera a medição do tempo de deslocamento de um sinal entre um satélite e um receptor utilizado pelo usuário. Se os relógios do satélite e do receptor estão sincronizados, é possível medir a distância exata entre os dois pontos. Caso esta medida seja realizada com três satélites diferentes, é possível então a determinação exata da posição geográfica do receptor, através de um de cálculo tridimensional. Devido a dificuldade de sincronismo dos relógios, um quarto satélite é utilizado para o acerto de tempo, tornando o sistema viável. Por uma série de motivos, incluindo problemas militares, a resolução espacial do GPS é limitada, com precisão de no máximo 100 metros para a localização de um ponto na superfície terrestre. Entretanto, a utilização do DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial) permite fazer com que esta precisão chegue a ser menor do que 1 metro. De maneira simplificada, o DGPS utiliza dois receptores atuando em conjunto; colocando-se um dos receptores numa posição geográfica conhecida, é possível calcular a posição do outro receptor com grande precisão. Um dos receptores corresponde a uma estação fixa e o outro ao sistema móvel que vai se deslocar pelo campo (Figura 5). Durante a operação, o sistema móvel recebe um sinal direto do satélite e um sinal de correção do posicionamento vindo da estação fixa (via rádio), podendo assim realizar o cálculo preciso de sua localização. Outra possibilidade corresponde ao uso de um sinal de correção diferencial disponibilizado através de transmissão via satélite, para a qual o usuário < deve pagar uma taxa de utilização. Neste caso, o sistema dispensa o uso da estação fixa

## 2.2.2. Mapeamento dos alvos da aplicação

Na aplicação de herbicidas, algumas tecnologias têm sido desenvolvidas e avaliadas para a coleta dos dados necessários para a confecção dos mapas de tratamentos. Uma das possibilidades corresponde ao uso de um sistema composto de um microcomputador de mão (palm-top) acoplado a um DGPS para a coleta de dados georeferenciados sobre plantas daninhas. Este conjunto, transportado por um operador em uma mochila, permite o levantamento de informações qualitativas e quantitativas da infestação através do caminhamento prévio nas áreas de aplicação (Figura 5). Apesar de adequado e preciso para pequenas áreas, o sistema de caminhamento autônomo pode se tornar inviável para grandes áreas de produção. Para estes casos, a coleta de informações pode ser realizada em conjunto com outras atividades mecanizadas, como a colheita, por exemplo. Assim, enquanto a máquina se desloca pelo campo na operação de colheita, um observador postado na máquina pode ir registrando os eventos relacionados ao mapeamento da infestação. Este sistema tem grande potencial para o mapeamento visando o manejo da vegetação no período entre a colheita e o novo plantio.

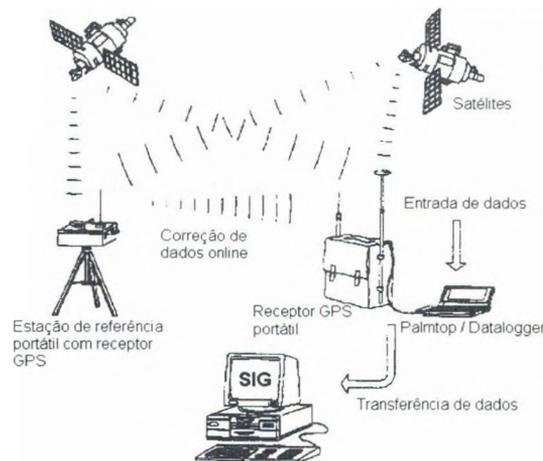


Figura 5 - Sistema de coleta de dados utilizando DGPS portátil(5)

A análise e processamento de imagens é outra opção que pode ser usada como base de dados para a elaboração de mapas de tratamentos na aplicação de herbicidas. Para tanto, imagens são obtidas através da utilização de processos usuais de fotografia aérea ou mesmo através do uso de aeromodelos radiocontrolados e balões. Tais imagens, na forma convencional ou infra-vermelho, são usadas como base para a análise da infestação e elaboração dos mapas, após passar por um processo de digitalização e processamento. Dependendo dos objetivos e do planejamento da aplicação de herbicidas, os mapas de tratamentos podem ser elaborados levando-se em conta aspectos quantitativos e qualitativos da infestação, assim como podem, também, considerar as características do solo, da cobertura por restos vegetais e outros fatores. Um exemplo de mapeamento da infestação e planejamento da aplicação numa área de plantio pode ser visto na Figura 6.

### **2.3. Equipamentos para aplicação localizada de herbicidas**

Os pulverizadores projetados para a aplicação localizada de defensivos são equipamentos que apresentam um elevado grau de sofisticação com relação aos recursos eletrônicos utilizados. O sistema de pulverização precisa ser controlado por um computador central, onde estão armazenadas as informações sobre os locais nos quais devem ser realizadas as aplicações (mapas de tratamentos). Além de conter e interpretar o mapa, a central de controle deve ser capaz de processar em tempo real (instantaneamente) os dados de posicionamento geográfico recebidos do DGPS. Isto possibilita a definição precisa da posição atual do pulverizador no campo, para que se possa realizar a aplicação localizada. Além desta decisão de aplicar ou não sobre um determinado local, o controle eletrônico deve, ainda, garantir volume de calda e pressão adequados para as características pretendidas na aplicação. Para tanto, informações como velocidade de

deslocamento, largura das barras ativas e volume de calda desejado também devem ser processadas em tempo real.

Para maior garantia de um correto posicionamento, os equipamentos mais modernos contam, além do DGPS, com um sistema auxiliar de referenciamento, baseado em informações sobre as distâncias percorridas e a direção do movimento, os quais são obtidos através de sensores nas rodas e bússolas eletrônicas. Este sistema, chamado de posicionamento com referência em terra, deve ser usado em conjunto com o DGPS para a determinação da posição do pulverizador durante as aplicações. Isto é necessário para que se possa garantir a confiabilidade do sistema, principalmente no caso de falhas pontuais na recepção dos sinais do DGPS.

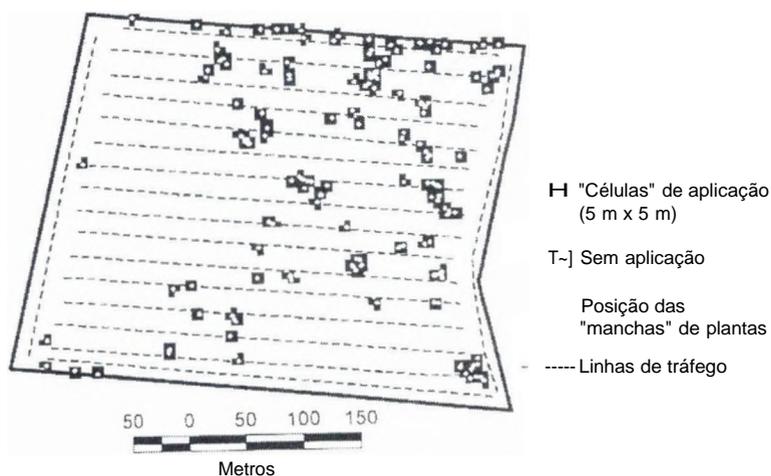


Figura 6 - Exemplo de mapa digital com a localização das plantas daninhas e o planejamento da aplicação de herbicidas/6'

### **2.3.1. Controle da dose de defensivo e do volume de aplicação**

A aplicação localizada de defensivos pode contemplar a variação tanto da dose de defensivo quanto do volume de calda aplicada. Usualmente, os sistemas mais simples realizam apenas o controle do local de aplicação, num sistema do tipo “liga-desliga”. Neste caso, dose e volume de calda são mantidos constantes nas partes do campo onde a aplicação é realizada. Sistemas mais sofisticados permitem variações na dose de defensivo e/ou no volume total aplicado. Para tanto, diferentes tecnologias podem ser utilizadas.

A variação da dose, de maneira independente do volume aplicado, é normalmente realizada através do uso de sistemas de injeção de defensivos. O princípio básico destes sistemas está relacionado ao armazenamento do defensivo e do diluente em recipientes separados, realizando-se a mistura somente no momento da aplicação, através da injeção do defensivo na tubulação que leva a calda aos bicos. Nestes equipamentos, a definição da quantidade de defensivo injetado pode ser realizada, entre outras maneiras, através do controle da rotação das bombas de injeção, o que é feito pela central de controle da máquina. A intensidade do fluxo de injeção leva em consideração fatores como velocidade de deslocamento, largura das barras ativas, volume de calda aplicada, dose desejada, etc. Esta tecnologia permite variações na dose (litros ou kg/ha) mantendo-se constante o volume total da aplicação. Cabe ressaltar que o uso de sistemas de injeção apresenta outras vantagens, principalmente no que se refere à segurança ambiental. A inexistência da mistura no tanque reduz consideravelmente os riscos de contaminação do operador e do próprio ambiente, pois as operações de preparo da calda, lavagem e descontaminação do tanque são simplificadas ou eliminadas.

De uma maneira geral, as características técnicas dos equipamentos de injeção possibilitam grande versatilidade de uso para agricultura de precisão. Assim, a aplicação localizada / pode ser planejada para a utilização de dois ou mais tipos de herbicida ao mesmo tempo, quando o

pulverizador possui mais de uma linha de injeção. Tais sistemas podem ser usados, ainda, para a aplicação de doses variáveis de um mesmo herbicida, quando as diferentes linhas de injeção são utilizadas com um mesmo tipo de herbicida.

Os sistemas de injeção disponíveis comercialmente utilizam, em sua maioria, bombas injetoras de pistões ou peristálticas (Figura 7 - a e b). Os sistemas dotados de bombas peristálticas (a) são projetados de maneira que o defensivo é injetado na tubulação de saída de água do tanque, antes da bomba principal do pulverizador. Este procedimento resulta da baixa pressão de injeção proporcionada por este tipo de bomba, o que impossibilitaria a injeção após o bombeamento principal. Neste caso, uma válvula de três vias é utilizada para o controle da pressão e do fluxo da calda de pulverização. A entrada da válvula recebe o fluxo de calda vindo da bomba principal; uma das saídas da válvula corresponde a um “retorno” que é ligado à tubulação de entrada da bomba, e a outra saída leva o fluxo de calda para as barras de pulverização. A variação do fluxo de injeção nestes sistemas é realizada pelo controle da rotação da bomba de injeção. Maiores ou menores faixas de variação de doses são obtidas através da substituição das tubulações internas da bomba peristáltica.

No caso dos sistemas com bombas injetoras de pistão, a injeção é realizada após o sistema de bombeamento principal (Figura 7 - b). Este tipo de bomba pode fornecer maiores pressões, permitindo a injeção próxima aos bicos, mesmo em pulverizações de alta pressão. Da mesma maneira que nas bombas peristálticas, a variação do fluxo de injeção é realizada pelo controle da rotação da bomba de injeção. Neste caso, porém, maiores ou menores faixas de variação de doses são obtidas através do uso de pistões de curso variável. Ainda, para ambos os casos (peristálticas e pistões), os sistemas podem prever a utilização de bombas de diferentes capacidades, para uma maior flexibilidade na faixa de variação das doses aplicadas.

Em termos operacionais, uma análise comparativa entre os dois conceitos de injeção pode se tornar bastante complexa, em função do grande número de fatores envolvidos. De maneira

simplificada, os sistemas com bombas de pistão são mais rápidos no tempo de resposta, em função da localização do ponto de injeção ser mais próxima da barra de pulverização. Nesta comparação, os sistemas com bombas peristálticas apresentam desvantagem, em função do longo caminho a ser percorrido pelo defensivo até chegar aos bicos e da recirculação na bomba principal, resultando em tempos de resposta muito longos. Por outro lado, a injeção antes da bomba principal e a recirculação da calda favorecem a mistura do defensivo na água, tornando desnecessária a adoção de dispositivos específicos para melhorar esta mistura. Ainda, as bombas peristálticas, por trabalharem com pressões inferiores, apresentam menor variação de desempenho em função de mudanças nas características físicas das soluções injetadas.

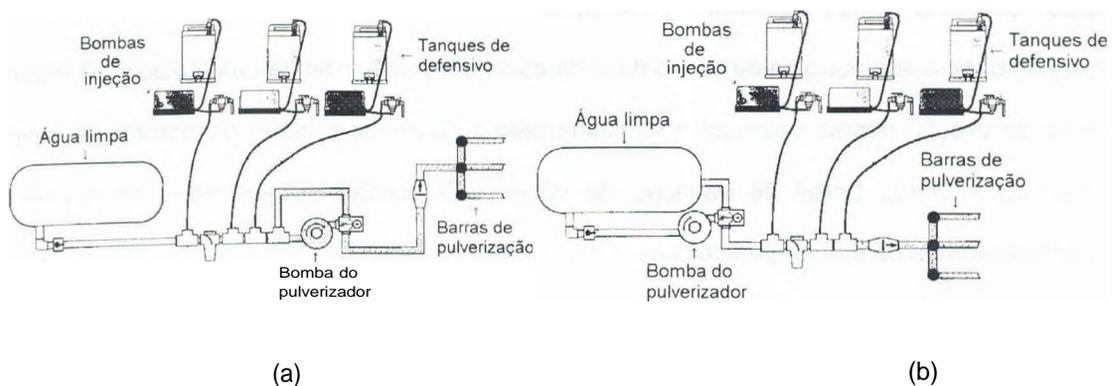


Figura 7 - Representação esquemática de um sistema de injeção através de bombas peristálticas (a) e bombas de pistão (b), com possibilidade de utilização simultânea de até 3 defensivos/7'

Arquivo 200.000 usf -

A opção de variação da quantidade de defensivo aplicado, através da variação do volume total de calda, dispensa o uso dos sistemas de injeção. Considerando-se a necessidade de se garantir um certo padrão de qualidade da aplicação (tamanho das gotas), a simples variação da pressão em bicos hidráulicos pode resultar numa flexibilidade de no máximo 20% do volume aplicado. Assim, torna-se indispensável a utilização de outros recursos para permitir a variação do volume total aplicado, como, por exemplo, o uso de múltiplos bicos ou barras de pulverização. Nestes sistemas, a medida que o pulverizador vai se deslocando no campo, a variação do volume aplicado é realizada pela utilização isolada ou em conjunto de bicos com diferentes vazões, o que possibilita a variação do volume total aplicado. Nos sistemas mais modernos, o controlador eletrônico seleciona a vazão necessária a partir de uma combinação de três bicos de vazões diferentes, os quais são dimensionados para fornecer uma faixa controlada tamanhos das gotas (Figura 8). Assim, a utilização isolada de cada bico, a combinação dois a dois e a utilização dos três ao mesmo tempo possibilita que a pulverização seja realizada com uma faixa de variação de volumes da ordem de 5:1, mantendo-se constante a qualidade da aplicação.

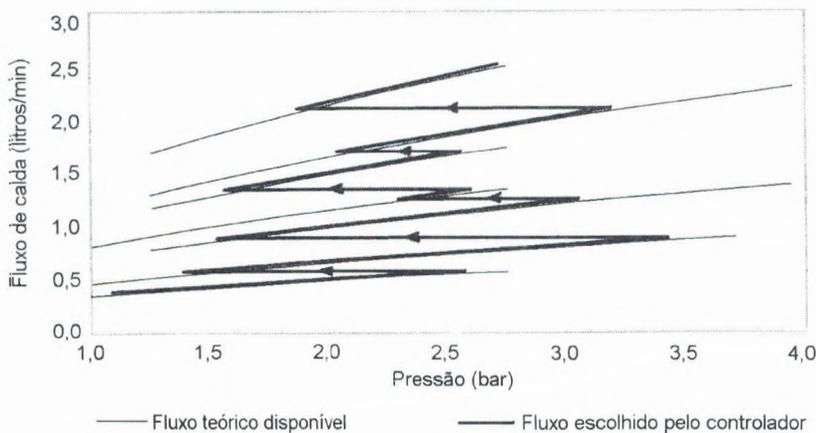


Figura 8 - Algoritmo de escolha dos bicos em um sistema de aplicação com volume variável <sup>(8)</sup>.

39

PARÇA SPRAYER / PROSIPS / LANCIA

↓

KIT P/ PULVERIZADOR

15.000 US\$

### **2.3.2. Requisitos técnicos dos equipamentos para aplicação localizada.**

A viabilidade da aplicação localizada de herbicidas depende da adequação das características dos equipamentos à variabilidade da infestação e das condições operacionais no campo. Os sistemas de aplicação localizada devem propiciar acuracidade melhor do que  $\pm 5\%$  dentro da dose desejada, operando com uma faixa de variação de doses de no mínimo 5:1 (relação entre a dose máxima e a dose mínima possível). Ainda, tais sistemas devem estar aptos a manipular diferentes tipos de formulações, evitando a sensibilidade a variações na densidade e viscosidade dos herbicidas e das caldas de pulverização. Quanto a resolução espacial da aplicação localizada, a pulverização de herbicidas requer sistemas com resolução de, no mínimo, entre 4 e 6 metros.

Uma das características mais importantes dos equipamentos para aplicação localizada é o tempo de resposta para mudanças nas condições de aplicação. Os sistemas experimentais mais modernos são capazes de compensar mudanças nas condições de aplicação com tempo de resposta muitas vezes inferior a 1 segundo. Porém, alguns dos sistemas comerciais disponíveis atualmente apresentam tempo de resposta muito longo. Como exemplo, a Figura 9 mostra o resultado de um ensaio onde o operador solicita que a dose de defensivo seja triplicada durante a aplicação com um sistema de injeção, observando-se que o sistema leva quase 7 segundos para atingir a dose desejada.

De maneira geral, os sistemas de aplicação baseados em mapeamento devem considerar as relações entre a variabilidade espacial das plantas daninhas e as especificações técnicas necessárias para a aplicação localizada. Isto significa que a resolução do mapeamento deve estar ligada às características do equipamento de aplicação. A conversão de mapas de plantas daninhas em mapas de tratamentos deve considerar o tempo de resposta do equipamento, a velocidade de

deslocamento, as incertezas de posicionamento, a acurácia do mapeamento e o próprio movimento das manchas de plantas daninhas e suas sementes.

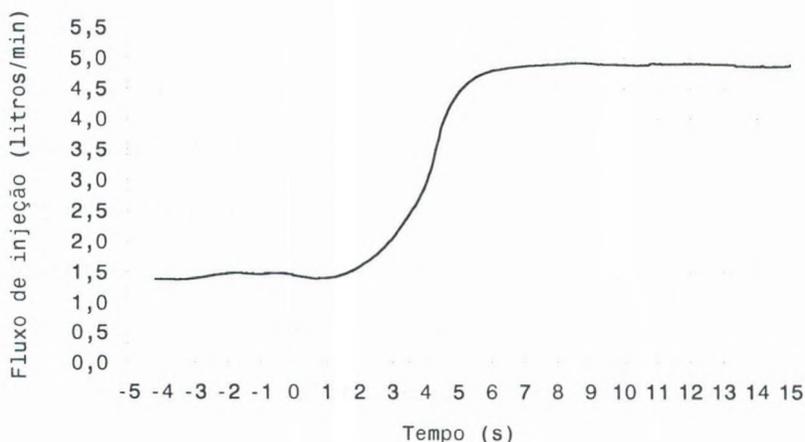


Figura 9 - Resultado de ensaio para tempo de resposta onde o operador solicita que a dose de defensivo seja triplicada durante a aplicação com um sistema de injeção. O instante  $t=0$  representa o momento no qual a mudança da dose foi solicitada.

## 2.4. Aplicação aérea

Outro mercado que está sendo favorecido com a adoção de tecnologias ligadas a agricultura de precisão é a aviação agrícola. Grande parte das aeronaves em operação atualmente utilizam sistemas de posicionamento das faixas de aplicação controlados por DGPS, dispensando a utilização de bandeirinhas e garantindo maior precisão e segurança da aplicação. Outra evolução na direção da aplicação localizada por avião é a utilização de controladores de fluxo ligados ao DGPS, possibilitando a correção do volume de aplicação em função da variação velocidade da aeronave em relação ao solo, o que garante melhor uniformidade de aplicação. A consolidação desta tecnologia, aliada ao mapeamento georeferenciado, possibilitará num curto espaço de tempo a adoção da aplicação localizada em doses variáveis também para as aplicações aéreas no Brasil.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos de agricultura de precisão e aplicação localizada de insumos são as ferramentas mais modernas disponíveis para a racionalização dos processos de produção agrícola e, num futuro não muito distante, farão parte do cotidiano das atividades agrícolas brasileiras. Atualmente, os sistemas comerciais de monitoramento e mapeamento de produção encontram-se disponíveis para uso imediato, significando acréscimos da ordem de 10 a 20% no preço das máquinas de colheita. Já existem equipamentos de grande porte disponíveis no mercado brasileiro para aplicação localizada de insumos. Entretanto, devido ao elevado custo, sua utilização parece mais adequada aos prestadores de serviço na aplicação de defensivos. Independentemente disto, a tendência do mercado é de uma rápida evolução tecnológica e redução gradual de custos, o que irá garantir a viabilidade técnica e econômica da utilização destas tecnologias num curto espaço de tempo.

Notas: (1) Adaptado de Stafford (1995); (2) Adaptado de Vrindts & De Baerdemaeker (1997); (3) Adaptado de Biller et al. (1997); (4) Adaptado de Hague et al. (1997); (5) Adaptado de Nordmeyer (1997); (6) Adaptado de Nordmeyer (1997); (7) Adaptado de Mid-West Technology Inc. (s.d.); (8) Adaptado de Miller et al. (1997b); (9) Antuniassi (1999).

Aplic. precisão: FVUB - COLÉG. SELECIONADA DE  
FVUB MECANIS / (Robôs)  
PRINCIPALMENTE PARA COLHEITA.

#### 4. LITERATURA CONSULTADA

f

- ANTUNIASSI, U.R. *Avaliação de sistemas de injeção de defensivos para utilização em agricultura de precisão*. Botucatu: UNESP, 1999. 87p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999.
- ANTUNIASSI, U.R., MILLER, P.C.H., PAICE, M.E.R. Dynamic and steady-state dose responses of some chemical injection metering systems. In: Brighton crop protection conference: *Weeds*, 1997, Brighton. British Crop Protection Council, 1997. p.687-92.
- BILLER, R.H., HOLLSTEIN, A., SOMMER, C. Precision application of herbicides by use of optoelectronic sensors. In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick, p.451-58. 1997.
- DALY, P. Status of GPS. In.: International Conference of The Royal Institute of Navigation., 1993. Londres. *Proceedings...*, 1993. 6p.
- FROST, A.R. A pesticide Injection Metering system for use on agricultural spraying machines. *J. agric. Engng Res.*, v. 46, p.55-70, 1990.
- HAGUE, T., MARCHANT, J.A., TILLET, N.D. A system for plant scale husbandry In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick, p.635-42. 1997.
- LANDERS, A.J. A compressed air direct injection crop sprayer. *Aspects of Applied Biology*, Warwick, n.48, p.25-32, 1997.
- MID-WEST TECHNOLOGY INC. Manual técnico do TASC 6000. (s.d.)
- MILLER, P.C.H. et al. Approaches to the detection of individual plants in horticultural row crops and the implications for pesticide application. In: Brighton crop protection conference: *Weeds*, 1997, Brighton. British Crop Protection Council, 1997a. p.151-58.

- MILLER, P.C.H. et al. Methods of controlling sprayer output for spatially variable herbicide application. In: Brighton crop protection conference: *Weeds*, 1997, Brighton. British Crop Protection Council, 1997b. p.641-44.
- NORDMEYER, H , HÄUSLER, A. NIEMANN, P. Patchy weed control as an approach in precision farming. In.: Precision agriculture'97, Vol. I: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick, p.307-14 1997.
- PAICE, M.E.R, MILLER, P.C.H., BODLE, J D. An experimental sprayer for the spatially selective application of herbicides. *J. agric. Engng Res.*, v. 60, p.107-116, 1995.
- REICHARD, D.L., LADD, T.L. Pesticide injection and transfer system for field sprayers. *Trans ASAE*, St. Joseph, v.26, n.3, p.683-686, 1983.
- STAFFORD, J.V. Precision Agriculture: Sensing, positioning and application machinery requirements. In: Seminar on site specific farming, 1995, Arhus, Dinamarca, 1995. p.11-20.
- STAFFORD, J.V., BENLLOCH, J.V. Machine assisted detection of weeds and weed patches. In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick, p.511-18. 1997.
- STAFFORD, J.V., AMBLER, B. In-field location using GPS for spatially variable field operations. *Computers and eletronics in Agriculture*, v. 11, p.23-36, 1994.
- 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 eletronics in Agriculture*, v.14, p.235-247, 1996.
- STAFFORD, J.V., MILLER, P.C.H. Spatially selective application of herbicide to cereal crops. *Computers and eletronics in Agriculture*, v.9, p.217-29, 1993.

VELINI, E.D.; ANTUNIASSI, U.R. Desenvolvimento de um sistema para injeção de defensivos agrícolas na barra de aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. p.2035-2047.

VRINDTS, E., DE BAERDEMAEKER, J. Optical discrimination of crop, weed and soil for on-line weed detection. In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick, p.537-44 1997.