ADAPTAÇÃO DE UM PULVERIZADOR CONVENCIONAL PARA A APLICAÇÃO LOCALIZADA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO

Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Máquinas Agrícolas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo – Brasil

Janeiro– 2002

ADAPTAÇÃO DE UM PULVERIZADOR CONVENCIONAL PARA A APLICAÇÃO LOCALIZADA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Titular **LUIZ ANTONIO BALASTREIRE**

Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Máquinas Agrícolas.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo – Brasil

Janeiro – 2002

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Esquerdo, Júlio César Dalla Mora

Adaptação de um pulverizador convencional para a aplicação localizada de defensivos agrícolas / Júlio César Dalla Mora Esquerdo. - - Piracicaba, 2002.

98 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

Bibliografia.

1. Agricultura de precisão 2. Mapeamento 3. Pesticidas 4. Plantas daninhas 5. Pulverizadores I. Título

CDD 632.94

Aos meus avós, Raphael e Olga, por toda uma vida de lutas em nome de um futuro melhor aos seus filhos e netos,

Ofereço.

À José Antonio, meu pai e maior exemplo, por tornar meus caminhos mais fáceis que os seus;

À Elisa, minha mãe e grande amiga, por todo seu carinho e dedicação,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Titular Luiz Antonio Balastreire, pela orientação neste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, pelos suportes pessoal e técnico.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo suporte financeiro.

Ao Engenheiro Eletricista Juarez Renó do Amaral e ao Técnico em Eletrotécnica Áureo Santana de Oliveira, do Laboratório de Instrumentação Agrícola do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, pelos auxílios prestados na condução desta pesquisa.

À empresa Máquinas Agrícolas Jacto S.A., pelo empréstimo do pulverizador utilizado neste trabalho.

Ao Centro de Treinamento da AGCO, localizado nas dependências do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, pelo empréstimo do trator utilizado na presente pesquisa.

À Usina Costa Pinto, por ceder a área para os testes do sistema desenvolvido.

Ao Engenheiro Eletricista Daniel Gurgel Penteado, pelo auxílio no desenvolvimento do programa computacional utilizado neste trabalho.

Aos amigos Domingos Guilherme P. Cerri, Fábio Henrique R. Baio e Juliano C. Leal, pelos auxílios prestados ao longo desta pesquisa e, sobretudo, pela convivência.

Aos Professores Drs. Thomaz Caetano C. Rípoli, Ulisses Rocha Antuniassi e Walter Francisco Molina Júnior, pelas sugestões conferidas ao aprimoramento deste trabalho.

Aos demais Professores do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, por contribuírem ao aprimoramento profissional de seus alunos em suas disciplinas.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP: Fernanda Barbosa, Dona Lourdes, Luiz Afonso, Francisco de Oliveira, José Geraldo Gomes e José Ferreira de Oliveira, pelos auxílios prestados.

Aos alunos do Curso de Pós-Graduação em Máquinas Agrícolas, pela convivência ao longo desses dois anos.

Aos Professores Drs. Eder Cassola Molina e Nelsi Cogo de Sá, do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, por ceder o algoritmo de transformação de coordenadas, utilizado no presente trabalho.

Às bibliotecárias Eliana Maria Garcia Sabino e Sílvia Zinsly, pelo auxílio na organização das referências bibliográficas.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xii
SUMMARY.....	ixv
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 As plantas daninhas e o controle químico.....	4
2.2 A Agricultura de Precisão.....	5
2.3 Os sistemas de posicionamento.....	8
2.3.1 Sistemas de posicionamento baseados em laser.....	8
2.3.2 Sistemas de posicionamento baseados em onda de rádio.....	8
2.3.3 Sistema de Posicionamento Global (GPS).....	9
2.3.3.1 Os erros do GPS.....	10
2.3.3.2 A correção diferencial do GPS (DGPS).....	11
2.4 Variabilidade espacial das plantas daninhas.....	12
2.5 A redução no uso de herbicidas pelo uso da aplicação localizada.....	14
2.6 As estratégias de aplicação localizada.....	16
2.6.1 Aplicação em tempo real.....	16
2.6.2 Aplicação por mapeamento.....	18
2.6.2.1 Mapeamento por amostragem sistemática.....	18
2.6.2.2 Caminhamento ao redor das infestações.....	19
2.6.2.3 Análise de imagens e sensoriamento remoto.....	20

2.6.2.4 Utilização de dados históricos	22
2.6.2.5 Uso de algoritmos de decisão para a criação de mapas de prescrição	23
2.7 Equipamentos para aplicação localizada de defensivos agrícolas.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Material.....	29
3.1.1 Local.....	29
3.1.2 Trator.....	30
3.1.3 Pulverizador.....	30
3.1.4 Válvulas solenóides	30
3.1.5 Sistema de posicionamento.....	31
3.1.6 Computadores.....	32
3.1.7 Equipamentos utilizados no desenvolvimento e avaliação do programa	33
3.1.8 Interface de acionamento	34
3.1.9 Equipamentos utilizados no mapeamento das plantas daninhas.....	35
3.1.10 Equipamentos utilizados no teste do sistema numa situação real de controle de plantas daninhas	36
3.1.11 Programas computacionais.....	36
3.1.12 Material utilizado na aplicação do defensivo.....	36
3.2 Métodos.....	37
3.2.1 Instalação das válvulas.....	37
3.2.2 Elaboração de um mapa de infestação hipotético.....	39
3.2.3 Desenvolvimento do programa computacional para controle do pulverizador.....	40
3.2.3.1 Avaliação das versões em desenvolvimento.....	54
3.2.3.2 Bordadura de segurança para evitar falhas de pulverização nas margens das manchas.....	55
3.2.4 Teste do sistema numa situação real de controle.....	56
3.2.4.1 Mapeamento das plantas daninhas.....	57
3.2.4.2 Criação do mapa de prescrição	57

	Página
3.2.4.3 Aplicação localizada.....	58
3.2.4.4 Avaliação dos resultados.....	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4.1 Montagem do sistema.....	60
4.2 Desenvolvimento do programa computacional para controle do pulverizador...	60
4.3 Teste do sistema numa situação real de controle	64
4.3.1 Mapeamento das plantas daninhas.....	64
4.3.2 A aplicação localizada	66
4.3.3 Avaliação dos resultados	69
4.3.3.1 Sobreposição do mapa de registro ao mapa de prescrição.....	69
4.3.3.2 Identificação visual do controle e mapeamento das manchas não controladas.....	70
4.3.3.3 Determinação da economia de herbicida.....	72
4.4 Considerações Finais.....	73
5 CONCLUSÕES	75
ANEXOS.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Princípio de funcionamento dos equipamentos de aplicação em tempo real	16
2 Componentes gerais de um pulverizador de taxas variáveis.....	25
3 Imagens da área onde foi feita a avaliação do sistema desenvolvido.....	29
4 Equipamento de GPS com correção diferencial via rádio.....	31
5 Esquema de montagem do DGPS.....	32
6 Plataforma para desenvolvimento e avaliação do programa computacional.....	33
7 Esquema de montagem dos equipamentos utilizados no desenvolvimento do programa computacional.....	34
8 Foto da interface de acionamento (A) e seu esquema de funcionamento (B).....	35
9 Circuito eletrônico da interface de acionamento	35
10 Equipamentos colocados no trator.....	37
11 Esquema hidráulico do pulverizador e a adaptação realizada	38
12 Válvulas solenóides instaladas no pulverizador	38
13 Mapa de prescrição hipotético	40
14 Esboço da tela do programa.....	42
15 Situação em que o centro do pulverizador se encontra no interior de uma mancha de infestação (A), ou fora de uma mancha, porém com uma (B) ou duas (C) seções sobre manchas distintas	43
16 Possíveis trajetórias e sentidos de deslocamento do trator	46
17 Trajetória longitudinal do trator, com caminhamento à direita (A) e à esquerda (B).....	47

18 Trajetória transversal do trator, com caminharmento para cima (A) e para baixo (B).....	48
19 Trajetória inclinada, com caminharmento do trator para cima à direita (A), para cima à esquerda (B), para baixo à esquerda (C) e para baixo à direita (D).....	49
20 Fluxograma do programa computacional.....	53
21 Percursos realizados na avaliação das versões em desenvolvimento.....	54
22 Trator entrando numa mancha de infestação.....	55
23 Trator saindo de uma mancha de infestação.....	56
24 Mapa de registro sobreposto ao mapa de prescrição.....	61
25 Tela do programa desenvolvido.....	62
26 Detalhes da tela do programa. Submenus de “Arquivo” (A), submenu de “Configurações” (B), Status das seções e Coordenadas atuais (C) e indicador de erros de recepção e definição do tamanho da barra de pulverização (D).....	63
27 Os quatro mapeamentos realizados na área experimental.....	65
28 Mapa de prescrição do talhão.....	66
29 Arquivo de registro da aplicação.....	67
30 Número de pontos onde houve acionamento das seções de barra.....	68
31 Porcentagem dos pontos de acionamento das seções de barra.....	68
32 Mapa de registro da aplicação sobreposto ao mapa de recomendação.....	70
33 Manchas de infestação antes (A) e após (B) o controle.....	71
34 Falha de aplicação.....	71

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Fontes de erro e acurácia de posicionamento associadas ao GPS.....	11
2 Acionamento dos LEDs ao longo dos três percursos.....	61

ADAPTAÇÃO DE UM PULVERIZADOR CONVENCIONAL PARA A APLICAÇÃO LOCALIZADA DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Autor: JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO

Orientador: Prof. Titular LUIZ ANTONIO BALASTREIRE

RESUMO

Os defensivos constituem grande parte do custo total dos insumos utilizados na produção agrícola. O alto consumo de defensivos reduz a lucratividade e aumenta os riscos de contaminação ao ambiente. Uma das alternativas que vêm sendo propostas para a redução da quantidade de defensivos utilizada na produção agrícola é o chamado “gerenciamento localizado das culturas”, através do uso dos conceitos da Agricultura de Precisão. Máquinas destinadas à aplicação localizada de defensivos líquidos em doses e produtos variáveis já estão presentes no mercado; entretanto, seu alto custo inicial e alta capacidade operacional inviabilizam sua aquisição em propriedades de menor porte. No presente trabalho, um pulverizador convencional foi adaptado com válvulas solenóides para promover a aplicação do defensivo na estratégia “liga-desliga”, utilizando uma dose fixa. Um programa computacional foi desenvolvido para executar o controle independente sobre cada uma das válvulas solenóides presentes nas duas seções de barra do pulverizador, em função das informações de um mapa de prescrição, contendo as coordenadas dos locais onde a aplicação deveria ocorrer. Um DGPS foi conectado ao sistema para informar a localização do trator no campo. O sistema foi submetido a um teste em condições reais de controle de plantas daninhas, as

quais foram previamente georreferenciadas através do caminhar do contorno das infestações. Os resultados mostraram que a adaptação realizada, assim como o sistema de controle desenvolvido, permitiram o controle localizado das infestações, resultando na redução da quantidade de herbicida aplicada, em comparação ao tratamento convencional.

ADAPTATION OF A CONVENTIONAL SPRAYER FOR SITE-SPECIFIC CHEMICAL APPLICATION

Author: JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO

Adviser: Prof. LUIZ ANTONIO BALASTREIRE

SUMMARY

Agrochemicals constitute a great part of the total cost of inputs used in the crops production. The high consumption of agrochemicals reduces the profitability and increases the risks of environmental contaminations. One of the alternatives that have been proposed to reduce the amount of chemicals used in the crop production is the site-specific management, using the Precision Agriculture's concepts. Machines used for site-specific application of liquid agrochemicals using variable rates and products are already in the market; however, its high initial cost and operational capacity make its acquisition unfeasible for small farms. In this work, a conventional sprayer was adapted with solenoid valves to allow the site-specific application using the "on/off" strategy, and a fixed rate. A computer program was developed to control each solenoid valve installed at the two sections of the boom, according to the information of a prescription map, containing the position of the points where the application should be done. A DGPS was connected to the system to inform the tractor's position in the field. The system was tested in a real condition of weed control. The perimeter of the weed patches was previously georeferenced. The results showed that the developed system was able to achieve the patch application using fixed rates, resulting in a significant economy of herbicides, when compared with the conventional treatment, over the total area.

1 INTRODUÇÃO

Os defensivos constituem grande parte do custo total dos insumos utilizados na produção agrícola: 56% no caso da soja, 52% para o algodão e para o feijão e 35% para o milho (FNP Consultoria & Comércio, 2001). Além de reduzir a lucratividade, o alto consumo de defensivos vem causando contaminações ao ambiente, quando estes são utilizados de maneira indiscriminada. As contaminações também atingem os produtos agrícolas, reduzindo sua qualidade e impondo riscos a quem os consome. Esta situação vem provocando pressões da sociedade para que cada vez menos defensivos sejam aplicados nas lavouras, de forma a possibilitar uma agricultura menos poluidora e produtos mais saudáveis.

Uma das alternativas que vêm sendo propostas para a redução do uso dos defensivos é o chamado “gerenciamento localizado das culturas” (Balastreire, 1998), baseado nos conceitos da Agricultura de Precisão. Na agricultura convencional, o conceito da média é levado em consideração na recomendação de um determinado insumo e, desta forma, extensas áreas são gerenciadas de forma idêntica. Entretanto, existe uma variabilidade espacial, e muitas vezes temporal, dos aspectos relacionados à fertilidade, compactação e umidade do solo, plantas daninhas, pragas e doenças, entre outros. Por consequência, qualquer recomendação que não considere tais variações pode vir a subestimar ou superestimar as reais necessidades de cada subparcela do campo e, desta forma, aplicações baseadas nessas recomendações podem resultar no fornecimento incorreto dos insumos. Na Agricultura de Precisão, um talhão é visto como algo heterogêneo, apresentando variações ao longo de sua extensão e podendo ser dividido em subparcelas. Os avanços tecnológicos, principalmente das áreas da eletrônica e informática, vieram permitir que estas variações fossem mensuradas, georreferenciadas e

analisadas. A possibilidade de visitar, georreferenciar e mensurar uma determinada característica de um local do campo, e voltar a tal local com uma acurácia elevada, tem permitido que os conceitos da Agricultura de Precisão sejam postos em prática.

Uma das etapas formadoras do ciclo da Agricultura de Precisão é a aplicação localizada de insumos (Balastreire, 1994), onde ocorre a otimização e a racionalização do uso do insumo propriamente ditas. Máquinas para aplicação localizada de insumos líquidos ou sólidos, munidas de um sistema de posicionamento e de um computador contendo mapas de prescrição, são utilizadas para essa tarefa. Para o caso dos insumos líquidos, existem no mercado máquinas de grande porte, projetadas para a aplicação localizada de defensivos. Contudo, estas máquinas têm um alto custo inicial e grande capacidade operacional, sendo inviável, economicamente, seu uso em propriedades de menor porte. Esta limitação justifica novas pesquisas e o desenvolvimento de equipamentos mais simples, de forma a garantir que os conceitos da Agricultura de Precisão sejam praticáveis em tais propriedades. Além disso, uma das características que elevam o custo destas máquinas é a possibilidade da variação automática da dose e do produto, o que pode, em determinadas circunstâncias, ser substituída pelo simples controle intermitente da aplicação, na estratégia liga-desliga.

O objetivo deste trabalho foi adaptar um pulverizador convencional para a realização da aplicação localizada de defensivos líquidos na estratégia liga-desliga, sem a variação da dose do produto, e avaliar sua eficiência no controle de plantas daninhas numa situação real. Para tanto, modificou-se o esquema hidráulico do pulverizador com o uso de válvulas solenóides, efetuou-se o controle automático da pulverização sem intervenção do operador, desenvolveu-se um programa computacional capaz de controlar as duas seções de barra existentes de forma independente em função das informações contidas num mapa de prescrição, testou-se o sistema numa situação real de controle mapeando as infestações de plantas daninhas existentes e promovendo o controle localizado com o sistema desenvolvido, e verificou-se o controle de plantas daninhas obtido com o sistema desenvolvido.

Embora o objetivo deste trabalho esteja relacionado com a aplicação localizada de defensivos, toda a pesquisa foi dirigida para o uso dos herbicidas. Isto se

deve ao fato de haver um número reduzido de pesquisas envolvendo o gerenciamento localizado de inseticidas, fungicidas, acaricidas e outros defensivos líquidos. O menor número de pesquisas nesta área está estritamente ligado às dificuldades de mapeamento das pragas e doenças, em função da sua elevada dinâmica espacial e populacional. Muito diferente do que ocorre com as plantas daninhas, onde um elevado número de trabalhos tem mostrado a existência de técnicas de mapeamento da variabilidade espacial das infestações, assim como a potencialidade do uso do gerenciamento localizado, no intuito de reduzir a quantidade de herbicidas aplicada nas lavouras. Mesmo assim, o sistema poderá ser utilizado na aplicação localizada desses outros defensivos, desde que sejam definidas as metodologias de mapeamento de pragas e de doenças, podendo dar origem aos mapas de infestação e de tratamento necessários para o gerenciamento localizado desses fatores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 As plantas daninhas e o controle químico

Segundo Alves (2001), as plantas daninhas são espécies vegetais que apresentam uma alta adaptação ecológica e elevada agressividade em relação às plantas cultivadas, podendo, dessa forma, ter uma vantagem competitiva sobre as culturas, caso nenhum controle seja efetuado. A presença das plantas daninhas nas áreas cultivadas resulta na redução da produtividade, tanto pela competição direta pelos fatores de produção, quanto pela interferência sobre as plantas cultivadas.

De acordo com Silva (1983), em ecossistemas agrícolas, a cultura e as plantas daninhas crescem juntas na mesma área e ambas possuem suas demandas por água, luz, nutrientes e dióxido de carbono. Na maioria dos casos, os fatores de produção, ou pelo menos um deles, estão presentes em quantidades não suficientes para assegurar o crescimento e desenvolvimento da cultura. Nestas circunstâncias, relata o autor, qualquer planta daninha que se estabeleça na cultura vai usar parte dos suprimentos dos fatores de crescimento, já limitados, e assim ocorre a competição, reduzindo o rendimento da cultura e a qualidade do produto.

Conforme relata Gelmini (1988), os métodos mais comuns empregados no controle das plantas daninhas são classificados como preventivos, culturais, biológicos, físicos, mecânicos e químicos. O autor relata que, com o desenvolvimento dos herbicidas, o controle químico tornou-se a principal medida de controle das plantas daninhas. Recentes avanços na biotecnologia têm promovido o desenvolvimento de novos princípios ativos, dando origem a produtos mais eficazes no combate às espécies infestantes.

Segundo Voll (2000), o manejo de plantas daninhas deve ser realizado por meio de medidas integradas de controle, tais como preventivas, culturais, físicas, químicas e biológicas. Segundo o autor, o controle químico é uma das medidas mais eficazes de controle, sendo largamente utilizada na produção agrícola; entretanto, tem sido feito de modo extensivo e, muitas vezes, os níveis de dano econômico não são respeitados, o que resulta na aplicação de doses e quantidades excessivas de defensivos, que acabam atingindo áreas que talvez não necessitassem qualquer tipo de controle. O autor ressalta que dessa situação decorre a importância de se incorporar no processo de decisão a variabilidade espacial, que pode ser importante no desenvolvimento de uma tática de controle das infestações mais econômica e que cause menores contaminações ao ambiente.

Kolpin et al. (2000) relatam que águas subterrâneas podem conter resíduos não só dos princípios ativos dos herbicidas, como também de complexos químicos oriundos de suas transformações. Neste estudo, os autores verificaram que esses complexos, que em alguns casos podem ser mais tóxicos que os próprios princípios ativos dos herbicidas, são encontrados com bastante frequência em águas subterrâneas e que, portanto, devem ser considerados nos estudos envolvendo os efeitos dos herbicidas no ambiente.

2.2 A Agricultura de Precisão

Christensen et al. (1999) ressaltam que os males causados pelos herbicidas ao ambiente têm estimulado pesquisas para o desenvolvimento de medidas de controle que possam reduzir o uso desses insumos. Uma das alternativas que vêm sendo propostas é o gerenciamento localizado das plantas daninhas, através dos conceitos da Agricultura de Precisão.

Várias são as definições a respeito da Agricultura de Precisão: “um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado das culturas” (Balastreire, 1998); “o processo de gerenciamento que considera a variabilidade agronômica” (Blackmore & Larscheid, 1997); ou ainda “um jogo de ações que tenta reduzir as

ineficiências na produção agrícola e aumentar o retorno econômico do produtor” (Searcy, 2000).

Goering (1993) relata que, embora as práticas de gerenciamento localizado tenham sido introduzidas somente nesses últimos anos, a filosofia da Agricultura de Precisão foi apresentada ainda no ano de 1929 por C.M. Linsley e F.C. Bauer, os quais dividiram uma área experimental em pequenas subáreas. Para cada subárea os pesquisadores realizaram estudos detalhados, obtendo um mapa da variabilidade espacial da acidez do solo ao longo de toda a área. Suas conclusões foram que as dosagens de calcário deveriam variar ao longo da área, de acordo com a acidez de cada ponto (subárea). Desenvolveram então um mapa de prescrição que indicava a dosagem correta de calcário para cada subárea, prosseguindo com a aplicação manual ponto a ponto. Este é um dos primeiros relatos a respeito da utilização da Agricultura de Precisão. Entretanto, relatam Balastreire et al. (1997), devido a não existência de tecnologia especializada e eficiente capaz de determinar, localizar e quantificar as variações espaciais dos fatores de produção, assim como a inexistência de equipamentos de aplicação localizada e em dosagens variadas de insumos, não havia justificativas agrônômicas e econômicas para que fossem identificadas tais variações. Segundo os autores, os recentes avanços tecnológicos nas áreas da eletrônica e informática vieram permitir que os conceitos de Agricultura de Precisão fossem postos em prática.

De acordo com Balastreire (1998), as fases da Agricultura de Precisão podem ser subdivididas em: mapeamento dos atributos do solo e das plantas, mapeamento da produtividade das culturas e aplicação localizada de insumos. Todo este processo é gerenciado pelo chamado SIG – Sistemas de Informação Geográfica. O autor relata que o mapeamento da produtividade pode ser considerado a etapa de menor dificuldade de execução, em função do elevado número de pesquisas e equipamentos disponíveis para tal finalidade.

O mapeamento dos atributos do solo e das plantas engloba o georreferenciamento da fertilidade do solo (Francis & Schepers, 1997; McBratney & Pringle, 1997), das infestações de plantas daninhas (Nordmeyer et al., 1997; Heisel et al., 1999), da compactação do solo (Lanças et al., 2000; Silva Junior, 2001), da

condutividade elétrica do solo (Hartsock, 2000) e das pragas e doenças (Ellsbury et al., 1997; Morgan et al., 2000).

Segundo Balastreire (1994), na aplicação localizada, as quantidades de cada insumo são determinadas em função da análise dos mapeamentos dos atributos do solo e das plantas, do conhecimento agrônômico e do histórico da área a ser cultivada. Segundo o autor, a aplicação localizada visa a alocação dos insumos em função dos requisitos específicos do local.

De acordo com Blackmore & Larscheid (1997), os conceitos da Agricultura de Precisão estão relacionados à variabilidade da produtividade e dos atributos do solo e das plantas. Segundo os autores, existem três tipos de variabilidade: espacial, temporal e preditiva. A variabilidade espacial é observada ao longo do campo e pode ser facilmente constatada em qualquer mapa de produtividade ou fertilidade. A variabilidade temporal é observada quando se comparam mapas de produtividade de vários anos; a variabilidade preditiva é a diferença entre a previsão de algum fator e o que realmente ocorreu. Os autores relatam que, para que se possa gerenciar cada uma dessas variabilidades, é preciso entendê-las e, sobretudo, mensurá-las.

Segundo Dampney & Moore (1999), os benefícios da Agricultura de Precisão estão relacionados à otimização do uso dos insumos. Disso resulta a diminuição dos custos de produção e a conseqüente redução das contaminações decorrentes da atividade agrícola. Entretanto, Stafford (2001) ressalta que, ainda que os benefícios provenientes do uso dos conceitos da Agricultura de Precisão sejam conhecidos, muitos produtores não têm certeza de que poderão usufruir de tais benefícios se implementarem essa tecnologia em suas fazendas. O autor relata que isso se deve ao fato dos benefícios econômicos e ambientais da Agricultura de Precisão não terem sido realmente comprovados, exceto para operações de aplicação localizada de herbicidas. Segundo ele, os benefícios econômicos e ambientais advindos do gerenciamento localizado são bastante evidentes, embora tenham sido generalizados em testes de campo e experimentos. Dessa forma, relata o autor, é de extrema importância que sejam feitos avanços, principalmente na área de sensoriamento remoto e de mapeamento da variabilidade.

2.3 Os sistemas de posicionamento

Stafford & Ambler (1994) relatam que a identificação de atributos espacialmente variáveis e a aplicação localizada e diferenciada de insumos somente podem ser realizadas por meio de um sistema adequado de posicionamento. De acordo com Balastreire (1998), um dos requisitos para se praticar a Agricultura de Precisão é a existência de um sistema de posicionamento que permita a localização geográfica com acurácia em todos os pontos da área a ser trabalhada.

2.3.1 Sistemas de posicionamento baseados em laser

Segundo Hague et al. (2000), existe uma variedade de sistemas de posicionamento baseados em laser. O mais simples é o que utiliza três ou mais detectores posicionados ao redor da área de interesse. O sistema a laser é colocado no veículo e realiza uma varredura em um plano horizontal. O tempo que leva para o feixe de luz ser detectado é medido e enviado para o sistema de posicionamento, o qual utiliza triangulação para identificar a localização do veículo. Segundo os autores, este tipo sistema de posicionamento apresenta desvantagens quando utilizado em terrenos excessivamente rugosos ou declivosos, pois qualquer inclinação do veículo pode fazer com que os feixes de luz não atinjam os alvos, a menos que os feixes sejam divergidos verticalmente.

2.3.2 Sistemas de posicionamento baseados em ondas de rádio

Ainda segundo Hague et al., os sistemas de posicionamento que utilizam ondas de rádio funcionam de maneira similar aos sistemas baseados em laser. Torres de rádio são instaladas ao redor de uma determinada área, que pode englobar diversas propriedades rurais. Um rádio receptor presente no trator ou qualquer outro veículo agrícola determina a distância entre o veículo e cada uma das torres de rádio. Conhecendo-se essas distâncias, é possível, por triangulação, determinar a posição do

veículo no campo. Segundo os autores, dependendo-se da altura das torres e da potência dos rádios transmissores, pode-se ter um alcance de até 50 km.

2.3.3 Sistema de Posicionamento Global (GPS)

Lechner & Baumann (2000) descrevem o GPS (*Global Positioning System*) como um sistema de posicionamento baseado em satélites, criado e operado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos. Foi posto em utilização no início da década de 80, porém somente em 1995 foi declarado totalmente operacional, ou seja, capaz de determinar posições em qualquer lugar do planeta, 24 horas por dia. Foi inicialmente designado para fins militares; entretanto, atualmente o GPS vem sendo utilizado também na indústria, comércio e agricultura. De acordo com os autores, o GPS é composto por três segmentos: espacial, controle e usuário. O segmento espacial é constituído de uma constelação de 24 satélites distribuídos em seis órbitas a uma altitude de 20.200 km. O segmento de controle é formado por diversas estações de rastreamento espalhadas pelo mundo, cuja função é determinar a órbita exata de cada um dos satélites e atualizar seus sinais de navegação. O segmento do usuário é formado pelo receptor GPS, que converte os sinais vindos dos satélites em informação de posicionamento, velocidade e estimativa de tempo.

De acordo com Ackroyd & Lorimer (1994), os receptores de GPS calculam a sua posição através de uma técnica que envolve a medição da distância entre a antena do receptor e os satélites rastreados. Ao receberem os sinais dos satélites, os receptores calculam o tempo gasto por cada um dos sinais no percurso entre o satélite e a antena. Para calcular esse tempo, os receptores precisam saber o momento em que o sinal deixa o satélite e o momento em que o sinal alcança a antena. O momento em que o sinal alcança a antena é definido pelo receptor, que possui um relógio interno. Já o momento em que o sinal deixa o satélite é encontrado da seguinte forma: todos os receptores de GPS são sincronizados com os satélites e, portanto, geram o mesmo código digital simultaneamente. Quando o receptor recebe um código do satélite, ele o compara em seu banco de memória e verifica o momento em que o código foi emitido.

Dessa forma, pode-se saber o momento exato em que o sinal deixou o satélite. A distância entre a antena do receptor e os satélites é determinada multiplicando-se o tempo encontrado pela velocidade dos sinais (velocidade da luz). Segundo os autores, para calcular o posicionamento em termos tridimensionais (latitude, longitude e altitude) são necessárias as distâncias entre a antena do receptor a pelo menos quatro satélites.

2.3.3.1 Os erros do GPS

Segundo Mack (1997), existem diversas fontes de erros capazes de reduzir a acurácia dos cálculos de posicionamento dos receptores de GPS. A maior fonte de erros é a Disponibilidade Seletiva (*Selective Availability*). O autor define a Disponibilidade Seletiva como um artifício do Departamento de Defesa dos Estados Unidos para a redução da acurácia do GPS pela introdução de erros artificiais de efeméride e de relógio. De acordo com Kennedy (1996), com a Disponibilidade Seletiva ativada existe uma garantia de que em 95% dos casos a posição calculada pelo receptor esteja no máximo 100 metros distante da posição real da antena. Entretanto, a Disponibilidade Seletiva já não vem mais sendo utilizada desde maio de 2000, resultando em erros menores de posicionamento (OSTP, 2000).

Outras fontes de erro do GPS são destacadas por Leick (1995). Segundo o autor, o tempo de viagem dos sinais de GPS pode ser alterado por efeitos atmosféricos. Ao passarem pela ionosfera e troposfera, os sinais podem ser refratados, alterando sua velocidade. Erros nos dados de efeméride (informações sobre a órbita dos satélites) também podem causar erros no cálculo do posicionamento. Pequenas variações nos relógios atômicos dos satélites podem resultar em erros de posicionamento, já que um erro de um nanosegundo pode dar origem a um erro de posicionamento de 0,3 m. Outra fonte de erro são os ruídos ou distorções do sinal causados por interferências elétricas ou erros inerentes ao próprio receptor.

2.3.3.2 A correção diferencial do GPS (DGPS)

Ackroyd & Lorimer (1994) definem a correção diferencial do GPS (DGPS) como uma técnica que visa elevar o nível de performance, acurácia e integridade do GPS. O uso do DGPS pode reduzir consideravelmente os erros de posicionamento, conforme se observa na Tabela 1, adaptada de Mack (1997). O autor relata que a correção diferencial pode ser efetuada pelo uso de sinais de satélites.

Tabela 1. Fontes de erros e acurácia de posicionamento associadas ao GPS (adaptado de Mack, 1997).

Fontes de Erros	GPS (m)	DGPS (m)
Relógio dos satélites	1,5	0,0
Efeméride	2,5	0,0
Ionosfera	5,0	0,4
Troposfera	0,5	0,2
Ruídos do receptor	0,3	0,3
Multicaminhamento	0,6	0,6
Disponibilidade Seletiva	30,0	0,0
Acurácia de Posicionamento Típica		
Horizontal	60,0 (15,0 sem DS*)	1,0
Vertical	80,0 (24,0 sem DS*)	2,0

* DS = Disponibilidade Seletiva

Algerbo & Thylen (1997) relatam que a correção diferencial pode também ser obtida pelo uso de estações base. De acordo com os autores, a estação base (também definida como “estação referência”) é um local de coordenadas conhecidas, onde é instalado um GPS e um rádio transmissor. Este tipo de correção diferencial baseia-se no fato de que o erro de posicionamento que ocorre na estação base é simultaneamente idêntico aos erros que ocorrem em receptores de GPS a uma certa distância da base. Entretanto, por estar num ponto de coordenadas conhecidas, a estação base identifica o erro de posicionamento a cada segundo e envia, por meio do rádio transmissor, o sinal de correção aos receptores ao redor da base.

De acordo com Balastreire & Baio (2001a), uma outra forma de correção de posicionamento em tempo real são os algoritmos otimizados, já disponíveis no mercado. São programas instalados nos receptores de GPS que calculam a posição correta sem a necessidade de sinais de correção. Os autores concluíram ser viável sua utilização em Agricultura de Precisão, ao compararem este equipamento a um GPS com correção diferencial por meio de sinais de satélite.

2.4 Variabilidade espacial das plantas daninhas

De acordo com Nordmeyer et al. (1997) há considerável variabilidade espacial na distribuição das plantas daninhas ao longo das plantações, seja na sua densidade de ocorrência ou no número de espécies. Os autores relatam que, de um lado, essa distribuição desigual pode ser devida a certos aspectos da biologia das plantas daninhas, como a formação de sistemas radiculares perenes. De outro, tal distribuição pode ser influenciada por fatores locais, tais como fertilidade e teor de água do solo, umidade, etc. Segundo os autores, a distribuição desigual de plantas daninhas implica que uma parte do campo pode estar livre delas ou com densidades abaixo do nível de dano econômico. Portanto, confinar as pulverizações às manchas de infestação pode permitir consideráveis economias de herbicida.

Segundo Schwarz et al. (1999), a não homogeneidade da distribuição das plantas daninhas é devida a causas naturais e a interferência do homem. As causas naturais são relacionadas principalmente ao tipo de solo e ao seu suprimento de água. As interferências do homem são relacionadas ao tipo de preparo do solo e ao trânsito de máquinas.

Gerhards et al. (1996) relatam que a população de plântulas de daninhas num campo é espacialmente heterogênea, resultando em manchas agregadas de plantas daninhas com diferentes densidades de infestação e áreas com poucas ou nenhuma planta daninha. Os autores realizaram um estudo sobre a estabilidade espacial de quatro espécies de plantas daninhas ao longo de quatro anos. Seus resultados revelaram uma distribuição de plantas daninhas bastante agregada, com grandes áreas isentas de

qualquer infestação. Esta distribuição se mostrou estável ao longo dos quatro anos para três das quatro espécies estudadas.

Gerhards et al. (1999), em experimento com aplicação localizada de herbicidas, relataram uma população de plântulas de daninhas extremamente agregada num campo de trigo de 5,1 ha, de forma que em 72% da área o controle não era justificado.

Green et al. (1997) realizaram o mapeamento de *Desmodium tortuosum* Swartz em um campo de produção de amendoim de 18 ha e verificaram que, em 70% da área, não havia a presença das plantas daninhas. Os autores ainda realizaram um outro experimento num campo de 7 ha de amendoim para o controle *Panicum texanum* Buckley. Seus resultados mostraram que somente em 14% da área o controle se mostrou justificável.

2.5 A redução no uso de herbicidas pelo uso da aplicação localizada

Antuniassi et al. (2000) relatam que a prática da Agricultura de Precisão pode trazer diversos benefícios, englobando aspectos econômicos e ambientais. Segundo os autores, “do ponto de vista econômico, a aplicação localizada permite a priorização do investimento em insumos nas áreas onde o potencial de produção seja mais efetivo, garantindo a possibilidade de maior retorno econômico com menores investimentos”. Ainda segundo os autores, “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”.

Dampney & Moore (1999), realizando revisão sobre as pesquisas em Agricultura de Precisão, concluíram que fertilizantes nitrogenados e herbicidas são os insumos que melhor podem trazer benefícios econômicos e ambientais se suas aplicações forem gerenciadas localmente.

Mortesen et al. (1995) relataram que, baseados na análise da variabilidade espacial da população de plantas daninhas, a aplicação de herbicidas pós-emergentes pôde ser reduzida em até 71% para o caso das espécies dicotiledôneas e 94% para as

espécies monocotiledôneas. Os resultados mostram que, em determinadas circunstâncias, o gerenciamento localizado de plantas daninhas pode resultar economias de herbicida bastante grandes.

Williams et al. (1999) obtiveram reduções significantes no uso de herbicidas pós-emergentes na cultura do milho, utilizando um modelo algoritmo de decisão, baseado no mapeamento de plantas daninhas. As reduções foram de até 51% no caso do Rimsulfuron e 11,5% para Bromoxynil + Terbutylazine.

Segundo Stafford & Miller (1996), a quantidade de herbicidas aplicada na produção agrícola pode ser significativamente reduzida se efetuada localmente, ou seja, atingindo apenas as áreas infestadas pelas plantas daninhas, promovendo benefícios econômicos e ambientais. Em experimento realizado com cereais, o tratamento das manchas de infestação de plantas daninhas promoveu uma redução de até 60% no uso de herbicidas.

Heisel et al. (1996b) desenvolveram um modelo de gerenciamento de aplicação localizada de herbicidas, utilizando uma área de 8 hectares de aveia. Seus resultados mostraram uma economia de herbicida da ordem de 66 a 76%, quando comparada à dose recomendada pelo fabricante.

Nordmeyer et al. (1997) relatam que a aplicação localizada de herbicidas em manchas de infestação de plantas daninhas é uma tentativa de se minimizar a quantidade deste insumo, podendo reduzir os custos de produção e a contaminação do ambiente. Segundo os autores, a aplicação em manchas pode ser feita utilizando-se diferentes herbicidas, ou até nenhum herbicida, de acordo com a distribuição espacial das plantas daninhas e seus respectivos níveis de controle.

Gerhards et al. (1999) obtiveram uma redução de 70% da quantidade de herbicida em um campo experimental de trigo. Em milho e beterraba, os autores concluíram que em 52% da área era necessário a utilização da dose total da mistura Bromoxynil + Terbutylazine, sendo que nos 48% restantes, meia dose seria o suficiente para o controle total das infestações.

Biller et al. (1997) analisaram a utilização de um sistema optoeletrônico para a detecção e controle instantâneos de plantas daninhas. Suas conclusões foram que

o sistema foi capaz de promover uma redução de 30 a 70% (em diversos campos experimentais) da quantidade de herbicidas para realizar o controle, o qual apresentou eficiência de 100%.

Tian et al. (1999), obtiveram reduções entre 48 e 58% na quantidade de herbicida aplicada em diversos campos experimentais de soja e milho, utilizando um pulverizador capaz de promover a aplicação do defensivo em tempo real.

2.6 As estratégias de aplicação localizada

2.6.1 Aplicação em tempo real

Segundo Stafford & Benlloch (1997), a aplicação localizada de herbicidas pode ser feita em tempo real, sem a necessidade do mapeamento das infestações de plantas daninhas. Nesta estratégia, são utilizados pulverizadores especiais munidos de sensores e câmeras que detectam a presença da planta daninha. Suas informações são enviadas a um computador central ou um controlador, que ativa a pulverização somente sobre tais plantas detectadas. A Figura 1 ilustra um esquema típico de detecção e controle das plantas daninhas em tempo real, extraído e adaptado de Vrindts & De Baerdemaeker (1997).

Antuniassi & Gadanha Júnior (2000) descrevem duas possibilidades para a detecção instantânea das plantas daninhas. A primeira tecnologia utiliza sensores óticos que identificam as diferenças na reflexão da luz pelas diversas superfícies encontradas nas áreas agrícolas. A outra opção para a detecção e identificação dos alvos é a análise instantânea de imagens, onde uma câmera de vídeo possibilita a identificação imediata das plantas daninhas, propiciando informações ao sistema de controle do pulverizador sobre sua presença e localização.

Figura 1 – Princípio de funcionamento dos equipamentos de aplicação em tempo real. Adaptado de Vrindts & De Baerdemaeker (1997).

Biller et al. (1997), ao desenvolverem uma das primeiras pesquisas envolvendo a aplicação de herbicidas em tempo real, propuseram a utilização de um sistema optoeletrônico para detecção das plantas daninhas nas entrelinhas de cultivo, ou em operações de dessecação para plantio direto. Segundo os autores, as plantas verdes apresentam características de refletância diferentes quando comparadas ao solo, pedras e restos de cultura. Dessa forma, esses sensores são capazes de realizar a diferenciação entre tais materiais.

Heisel & Christensen (1998) desenvolveram um sistema de detecção de plantas daninhas (*WeedEye*) através de câmeras digitais munidas de filtros de cor, nos quais somente as cores vermelha e azul, além da luz infravermelha, são capazes de penetrar. Além de detectar sua presença, o sistema possui um computador conectado às câmeras capaz de calcular a área foliar das plantas daninhas. O sistema foi desenvolvido para ser utilizado no controle de plantas daninhas presentes em linhas férreas e funcionou adequadamente. Os autores concluem que o sistema também pode ser utilizado na agricultura, seja na aplicação de herbicidas em tempo real ou como instrumento para a medição de índices de vegetação.

Visando desenvolver equipamentos capazes de realizar a distinção entre planta daninha e cultura, Feyaerts et al. (1998) propuseram um sensor capaz de realizar

tal função. Sob condições controladas, milho e beterraba puderam ser diferenciados das plantas daninhas com taxas de sucesso de 80 e 90%, respectivamente. De acordo com Scarr et al. (1997), a diferenciação pode ser realizada pelo uso de classificadores ou algoritmos, capazes de analisar as características de refletância, formato e texturas das plantas. Uma tecnologia como essa necessita de um sistema de reconhecimento de imagens combinado a um conjunto de dados sobre as plantas daninhas em diferentes estádios de desenvolvimento.

2.6.2 Aplicação por mapeamento

De acordo com Nordmeyer et al. (1997), na aplicação por mapeamento a detecção e o controle da planta daninha são efetuados em momentos diferentes. Inicialmente é gerado um mapa de infestação de plantas daninhas e, em função das informações contidas em tal mapa, o controle é efetuado por meio de máquinas munidas de sistemas de posicionamento e de controle da pulverização. Segundo os autores, os levantamentos necessários para a criação dos mapas de infestação podem ser obtidos de várias formas: amostragens sistemáticas, caminhamento ao redor das infestações, fotografias aéreas, sensoriamento remoto, registros no momento da colheita, uso de dados de anos anteriores e de registros de plantas daninhas durante trabalhos de rotina no campo, das propriedades do solo e da experiência do agricultor. Sensores também podem ser utilizados para o mapeamento de plantas daninhas, desde que atuem em conjunto com sistemas de posicionamento (Vrindts, 1999).

Stafford & Miller (1996) fazem uma comparação entre a aplicação via mapa e via sensor. Segundo os autores, a aplicação via mapa pode ser mais precisa, uma vez que existe um tempo entre o levantamento das informações no campo e a aplicação, permitindo a análise dos dados obtidos. Além disso, este método permite que exista um processo de tomada de decisão, auxiliando na escolha do herbicida a ser utilizado na área. Christensen et al. (1999) relatam que uma grande vantagem da estratégia de mapeamento é possibilidade de otimizar a escolha do herbicida para o controle da área toda.

2.6.2.1 Mapeamento por amostragem sistemática

Segundo Heisel et al. (1996a), as plantas daninhas podem ser mapeadas por meio de amostragens. Neste tipo de mapeamento, o campo é subdividido por meio de uma malha ou grade, normalmente com espaçamento equidistante e, em cada intersecção da grade, são realizadas amostragens em uma área predefinida pelo amostrador. Segundo os autores, programas computacionais são utilizados para estimar as infestações nas áreas não amostradas, dando origem aos mapas de infestação.

Williams et al. (1998), em experimento com a cultura do milho, realizaram o mapeamento das plântulas de daninhas por meio de amostragens do campo utilizando uma malha de 15 x 15 m, sendo que em cada ponto de intersecção dessa malha foram contadas as densidades e identificadas as plantas daninhas. Depois do mapeamento realizou-se a interpolação, por triangulação linear, para estimar a densidade de plântulas de daninhas nas áreas não amostradas, obtendo-se, dessa forma, o mapa de infestação da área em estudo.

Wiles & Schweizer (1999) também utilizaram a amostragem por malha para quantificar não só as plantas daninhas presentes num campo de produção de milho, como também o número de sementes presentes no banco de sementes daquela área. Neste estudo, os autores buscaram desenvolver um modelo matemático para a obtenção do tempo consumido na contagem de plântulas e sementes de daninhas em cada amostra, a fim de se analisar o custo-benefício dessa operação. As variáveis adotadas pelos autores foram o número de espécies, o número total de plântulas, o número de plântulas mono e dicotiledôneas e a porcentagem de areia no solo. Suas conclusões foram que as variáveis que mais interferiram no tempo gasto para a contagem e identificação das plantas daninhas foram o número de espécies, para o caso das plântulas e a porcentagem de areia no solo, para o caso das sementes. Segundo os autores, para tornar viável a obtenção de mapas de infestação de plantas daninhas por meio de amostragens, duas alternativas devem ser estudadas: reduzir o custo do processo e/ou aumentar o valor das informações resultantes desse processo.

Christensen et al. (1999) realizaram o levantamento das infestações de plantas daninhas num campo de 2,3 ha, de cevada. Utilizaram uma malha de amostragem de 12 x 12 m e, em cada intersecção dessa malha, realizaram a contagem e a identificação das plantas daninhas numa área de amostragem de 0,25 m².

Nordmeyer (1997) et al. realizaram amostragens de plantas daninhas em campos de beterraba e cevada. Utilizando uma malha de 30 x 30 m, registraram a densidade de infestação numa área de 0,1 m². Através de modelos geoestatísticos e interpolações, os autores obtiveram mapas de infestação das áreas estudadas.

Gerhards et al. (1999) utilizaram uma grade de 15 x 7,5 m e uma área amostral de 0,4 m² para realizar o mapeamento da densidade de plantas daninhas em campos de trigo, cevada, milho e beterraba, obedecendo a quatro níveis de infestação: zero, baixa, média, alta e muito alta. As informações desses levantamentos foram utilizadas no desenvolvimento de mapas de prescrição, para posterior aplicação localizada de herbicidas.

De acordo com Vieira (2000), quando se utilizam técnicas de amostragem de algum atributo, seja ele fertilidade do solo, infestação de plantas daninhas ou incidência de doenças e pragas, os conceitos de geoestatística devem ser empregados. Segundo o autor, quando existe dependência espacial de um determinado atributo, a geoestatística pode ser utilizada para estimar valores dos atributos em estudo para os locais não amostrados, sem tendenciosidade e com variância mínima, por meio de processos de interpolação, tais como krigagem, co-krigagem, inverso da distância, triangulação, entre outros.

2.6.2.2 Caminhamento ao redor das infestações

De acordo com Colliver et al. (1996), os mapas de infestação de plantas daninhas podem ser gerados por meio do georreferenciamento do perímetro das infestações. Na busca de um método ideal, os autores analisaram esta e mais duas metodologias de mapeamento: amostragem sistemática e registros no momento da colheita. Seus resultados mostraram que o método do georreferenciamento do perímetro

foi o mais eficiente e resultou num mapa onde 66,5% da área total estava infestada. Os métodos de amostragem e de registro no momento da colheita deram origem a mapas com 68,6 e 90% de infestação, respectivamente. O mapeamento pode incluir todas as manchas existentes na área e dar origem a um único mapa de infestação, como fizeram os autores, ou pode, ainda, contemplar pesos ou conceitos para cada mancha em função da densidade de plantas daninhas, como fizeram Rew et al. (1996), dando origem a diferentes mapas.

Balastreire & Baio (2001b) utilizaram esta metodologia para a criação de mapas de infestação numa área de produção de soja de 72 ha, em pousio. Um quadriciclo, um DGPS e um computador portátil foram utilizados para georreferenciar manchas com três níveis de infestação: zero ou muito baixa, média e alta. Os resultados permitiram concluir que, para a situação encontrada, a metodologia avaliada mostrou-se adequada e os mapas de infestação resultantes podem servir de suporte ao desenvolvimento de mapas de prescrição, para posterior aplicação localizada de herbicidas.

Stafford et al. (1996) relatam o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados portátil para ser utilizado em mapeamentos. Um programa computacional foi desenvolvido e um *Palmtop* foi integrado a um GPS. O sistema apresenta a opção de caminhar ao redor das manchas ou simplesmente a escolha de uma forma circular ou retangular para uma determinada infestação, quando não é possível o caminhar ao redor dela. Cada região demarcada pode receber uma nota, de acordo com a densidade de infestação. Testes de campo mostraram que o sistema desenvolvido apresentou grande potencialidade de utilização e facilidade de aprendizagem por parte dos produtores.

2.6.2.3 Análise de imagens e sensoriamento remoto

Lippert & Wolak (1999) utilizaram fotos aéreas para mapear a espécie *Senna obtusifolia* na cultura do milho. As fotos foram obtidas com um filtro infravermelho no momento em que a cultura apresentava folhas marrons, já próxima ao

ponto de colheita. Neste estágio de desenvolvimento, a planta daninha estudada apresentava cor verde e pleno desenvolvimento vegetativo. Nestas condições, os autores puderam diferenciar as manchas de infestação e georreferenciá-las. O mapa resultante foi comparado a um mapeamento realizado um ano antes, onde as manchas de *Senna obtusifolia* foram georreferenciadas por caminharmento com o GPS. Os resultados mostraram que os mapeamentos foram coincidentes, o que evidencia a potencialidade do uso de fotografias aéreas para o mapeamento de plantas daninhas. Entretanto, os autores ressaltam que o sucesso dos resultados foram influenciados pela situação encontrada, onde a cultura e a planta daninha apresentavam características totalmente distintas em termos de coloração, o que nem sempre é possível verificar.

Stafford & Benlloch (1997) relatam que a obtenção manual das informações necessárias para a elaboração de mapas de infestação exige um trabalho intensivo e acaba dependendo muito da subjetividade dos operadores. Os autores discutem técnicas automáticas de detecção e armazenamento das informações das plantas daninhas. Para tanto, realizaram um experimento utilizando imagens aéreas obtidas em duas escalas: imagens tomadas por um aeromodelo controlado por controle remoto e equipado com câmeras de vídeo e fotografia, tendo um campo de visão de 300 x 500 m e resolução espacial de 0,5 a 1 m; e imagens tomadas próximas ao solo, também com câmeras de vídeo e fotografia, sendo que as imagens representavam amostras de 0,25 m². As imagens foram analisadas por um programa de computador, o qual realizou tentativas de diferenciar plantas daninhas e plantas cultivadas, levando-se em consideração aspectos como cor e forma das plantas. Suas conclusões foram que a detecção das plantas daninhas utilizando-se dos métodos descritos é bastante difícil, devido a similaridade da refletância espectral entre plantas daninhas e plantas cultivadas. Entretanto, as duas técnicas estudadas foram capazes de realizar essa diferenciação entre algumas plantas daninhas e plantas cultivadas, o que mostra que podem ser utilizadas como processos complementares aos processos manuais, podendo ter seus níveis de classificação aumentados.

Christensen et al. (1999), visando obter uma técnica de mapeamento mais racional, propuseram a análise de fotografias para a medição das densidades de

infestação de plantas daninhas. Para testar esta técnica, um levantamento por amostragem foi realizado e em cada ponto amostrado foi obtida uma foto com uma máquina fotográfica convencional apoiada num tripé com uma altura padrão, de forma a proporcionar o mesmo ângulo de visão do amostrador. As fotos foram digitalizadas e processadas, obtendo-se, posteriormente, a área relativa das plantas daninhas em cada foto. De posse das densidades de infestação (obtidas pelo levantamento) e da área relativa das plantas daninhas (obtida pelas fotos), os autores utilizaram *softwares* baseados em GIS para a obtenção de mapas de estimativa da distribuição de plantas daninhas ao longo de toda a área de estudo. Comparando-se o mapa obtido através das imagens com o mapa por amostragem, os autores concluíram que a área foliar das plantas daninhas foi capaz de proporcionar uma boa medição da densidade de infestação.

2.6.2.4 Utilização de dados históricos

Segundo Walter et al. (1997), mapas de infestação de plantas daninhas de diferentes anos podem ser correlacionados. Wilson & Brain (1991) relatam que durante um período de dez anos uma espécie de gramínea (*Alopecurus myosuroides*) cresceu em manchas bem definidas em um campo comercial de cereais. As manchas eram bastante estáveis e houve pouca evidência da formação de novas manchas sob controle convencional.

Gerhards et al. (1996) concluíram que durante um período de quatro anos algumas espécies estudadas de dicotiledôneas mostraram pouca habilidade de colonizar novas áreas em campos comerciais de soja e milho, recebendo tratamento efetivo com herbicida ao longo de vários anos. Ressaltam que futuras investigações devem ser conduzidas em outras áreas de produção, sob diferentes sistemas de produção e com outras espécies de plantas daninhas, de modo a obter um maior entendimento da extensão da estabilidade espacial das manchas de infestação.

Williams (1999) avaliaram a variabilidade espacial e temporal das principais plantas daninhas das culturas de milho e beterraba. Os autores concluíram que as infestações de gramíneas persistiram de um ano para outro. Áreas com moderada e

alta densidades de gramíneas mapeadas, no ano de 1998, coincidiram com os mapeamentos de um ano antes.

Nordmeyer & Dunker (1999) encontraram significantes correlações entre a densidade de algumas espécies de plantas daninhas e propriedades do solo. Assim, os autores relatam que propriedades do solo podem ser correlacionadas com mapas de infestação de plantas daninhas de anos anteriores para indicar locais de maior probabilidade de ocorrência das infestações.

2.6.2.5 Uso de algoritmos de decisão para a criação de mapas de prescrição

De acordo com Heisel (1997), algoritmos de decisão são programas computacionais que auxiliam na recomendação de uma dose ótima do herbicida. Segundo os autores, esses algoritmos realizam a integração de uma série de informações, tais como: efeitos da competição entre uma determinada cultura e suas principais plantas daninhas, densidade de infestação, nível de dano econômico, eficiência do herbicida, entre outras. Os modelos calculam a perda potencial de produtividade em função da densidade de infestação e do nível de competitividade das espécies. Os autores utilizaram o DAPS (*Decision Algorithm for Patch Spraying*) para a construção de um mapa de prescrição num campo de cevada, onde realizaram a aplicação em manchas. Seus resultados mostraram uma redução de 41% da quantidade de herbicida em relação ao tratamento em área total, sem que houvesse redução da produtividade ou alta infestação no momento da colheita. Heisel et al. (1999) obtiveram redução de herbicida de 54% utilizando o mesmo modelo.

Clay et al. (1999) utilizaram um modelo bio-econômico denominado GWM (*General Weed Management Model*) e concluíram que sua utilização para a geração de mapas de prescrição pode reduzir a quantidade total de herbicidas aplicada na agricultura.

2.7 Equipamentos para aplicação localizada de defensivos agrícolas

De acordo com Antuniassi et al. (2000), a aplicação localizada de defensivos pode ser realizada variando-se tanto a dose do defensivo quanto o volume de calda aplicado. Os sistemas mais simples realizam o controle da aplicação numa estratégia liga-desliga, onde a dose e o volume de calda são mantidos constantes nas partes do campo onde a aplicação é efetuada.

Williams et al. (1998) realizaram a aplicação localizada de herbicidas sobre manchas de infestação utilizando o sistema liga-desliga. Assim, a aplicação foi feita somente nas áreas onde a densidade de plântulas de daninhas era maior que o nível de dano econômico.

Antuniassi et al. (2000) relatam que variações na dose podem ser obtidas por mudanças do volume aplicado, mantendo-se a concentração constante, ou através de variações na concentração do defensivo na calda, ao longo da pulverização. Este último método de variação da dose é utilizado nos pulverizadores mais avançados. 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.

Clark & McGuckin (1996) descrevem um equipamento para a aplicação localizada de insumos líquidos em taxas variáveis, o qual é baseado no esquema da Figura 2. Um sensor de velocidade (radar) informa a velocidade real de deslocamento do veículo ao computador/controlador, uma vez que este é um fator que influi na taxa de aplicação dos insumos. Outros fatores que influem na taxa de aplicação são a largura da barra, o volume de calda aplicado e a dose desejada. O mapa de prescrição, carregado no computador, informa os locais onde a pulverização deve ocorrer e suas respectivas dosagens. O pulverizador utiliza um sistema de injeção, o que permite que o operador não mais necessite realizar a mistura dos produtos químicos no tanque principal. Esses produtos ficam num depósito, de onde vão ser bombeados (de acordo com a necessidade, conforme o mapa de prescrição) para o injetor, sendo então misturados com a água, armazenada num tanque à parte. A bomba de injeção realiza o controle preciso

da taxa de injeção do defensivo para promover sua correta concentração. A taxa de fluxo do líquido que vai para as barras de pulverização é controlada pela válvula de fluxo, a qual é aberta ou fechada pelo computador/controlador. O fluxo do líquido é monitorado por um sensor, e as informações geradas por ele são utilizadas pelo controlador para os ajustes mais finos da válvula de controle de fluxo. A taxa de fluxo dos líquidos e a posição do veículo são continuamente gravadas no computador para registro histórico. Segundo os autores, além da dosagem, esses equipamentos podem também variar os produtos aplicados.

Figura 2 – Componentes gerais de um pulverizador de taxas variáveis (Adaptado de Clark & McGuckin, 1996).

Balastreire & Baio (2001c) discutem a aplicação localizada de defensivos em taxas variáveis. Os autores utilizaram um pulverizador automotriz para realizar a aplicação localizada de herbicidas numa área de 9,8 ha, previamente mapeada. Sobre o pulverizador foi instalado um sistema de injeção direta de defensivos composto por

bombas peristálticas, motores elétricos, válvulas, sensores de pressão e vazão, reservatórios para os produtos químicos, um sistema eletrônico microprocessado como controlador central, além de uma interface eletrônica para conexão a um computador portátil, munido de um programa para gerenciamento da aplicação localizada, em função do mapa de prescrição. Os autores obtiveram uma redução de 31,6% de herbicida, em comparação ao tratamento convencional. Entretanto, os autores relatam que este tipo de equipamento possui alto tempo de resposta, o qual deve ser levado em consideração para o adequado controle de plantas daninhas.

Paice et al. (1995) desenvolveram um pulverizador experimental para a investigação dos efeitos da aplicação variável de herbicidas. Um pulverizador convencional de barras (12 m) tratorizado serviu como base de desenvolvimento e seu esquema hidráulico foi modificado, ficando composto, basicamente, por um tanque central de água, uma bomba de diafragma, um regulador de pressão e dois sistemas de injeção de defensivos. Os bicos foram montados em duas seções da barra, cada uma delas recebendo os defensivos dos sistemas de injeção de forma separada. Os bicos foram reunidos em grupos de quatro e o fluxo da água misturada ao defensivo foi controlado por meio de válvulas solenóides. Esta disposição permitiu a aplicação simultânea de dois produtos distintos e a transição rápida entre dois níveis de dose. Um computador central, contendo o mapa de prescrição e conectado a um sistema de posicionamento, controlava um sistema eletrônico, que por sua vez atuava sobre os sistemas de injeção. Testes com o pulverizador mostraram um alto tempo de resposta e desta forma os autores concluíram serem necessários mais estudos para a redução deste tempo. O controle das válvulas solenóides sobre os bicos permitiu maior resolução do pulverizador, variação espacial da dose e maior potencial de economia de herbicidas.

Paice et al. (1996) descrevem outras alternativas mais simples para a realização da aplicação localizada de defensivos:

⇒ Sistemas de controle da pressão: promovem a variação da dose por meio da variação da pressão nos bicos. Inicialmente foram utilizados em pulverizadores que atuam com taxas fixas, em conjunto com dispositivos de medição da velocidade,

para a correção da dose em função da variação da velocidade. Podem ser utilizados em sistemas de aplicação localizada para a variação da dose.

⇒ Válvulas solenóides: dispositivos relativamente baratos que podem atuar no controle de seções de barra ou de bicos individuais. Apresentam rápida resposta e contribuem no aumento da resolução espacial do pulverizador. Apresentam a desvantagem de permitir apenas dois níveis de dose (total ou nula).

⇒ Bicos de fluxo duplo: neste tipo de bico, o líquido e o ar são misturados juntos. Controlando as pressões do líquido e do ar, pode-se variar o fluxo do líquido que é pulverizado.

Stafford & Miller (1993) descrevem a utilização de um sistema para aplicação localizada de defensivos agrícolas composto de uma barra de 12 m dividida em seções de 2 m, cada uma controlada de forma independente por meio de válvulas solenóides. Três concentrações do defensivo podiam ser aplicadas, sendo variadas por meio de um controlador; ou ainda dois produtos podiam ser aplicados em cada uma das linhas paralelas. O controle do sistema era realizado por meio de dois microcomputadores e um GPS foi utilizado para determinar a localização do pulverizador no campo. Um mapa de prescrição foi utilizado para informar os locais de aplicação e as dosagens. O sistema mostrou ser capaz de alocar o defensivo de forma acurada, com menos de 1% de erro.

Gerhards et al. (1999) descrevem a utilização de um pulverizador experimental composto por uma barra de 15 m dividida em cinco seções de 3 m. Cada uma das seções era controlada, individualmente, por válvulas solenóides, conectadas a uma unidade de controle. Três diferentes doses podiam ser aplicadas através da mudança da pressão do sistema, por meio de uma válvula reguladora de pressão adaptada ao circuito hidráulico do pulverizador. O sistema de controle da pulverização era ligado a um computador portátil, onde um mapa de tratamento era carregado e um DGPS conectado. Os autores realizaram testes controlando a barra toda (15 m) e cada uma das cinco seções de forma independente. Os dois testes foram conduzidos num campo de trigo, onde 72% da área apresentava infestações abaixo do nível de dano econômico. No primeiro teste utilizando o controle sobre a barra toda quando uma parte dela entrava

numa mancha, 46% do campo foi pulverizado. No segundo teste, controlando as cinco seções, 30% da área foi pulverizada. Os autores concluíram que o controle de um maior número de seções aumentou a resolução espacial do pulverizador e permitiu maior redução da quantidade de herbicida aplicada.

Tian et al. (1999) desenvolveram e testaram um sistema capaz de detectar a densidade e o tamanho de plantas daninhas em tempo real no campo. O objetivo dos autores foi integrar um sistema de identificação a um pulverizador automático, de forma a dar origem a um sistema de sensoriamento e de pulverização inteligentes. Ao invés de utilizar imagens de alta resolução e reconhecimento individual de plantas daninhas, o sistema de detecção utilizou imagens de baixa resolução e algoritmos de processamento instantâneo de imagens, capazes de realizar a diferenciação entre plantas daninhas e algumas culturas. Foi utilizado somente um controle liga/desliga em cada um dos bicos, mantendo-se constante a vazão. Os resultados mostraram que o sistema foi capaz de detectar zonas de solo exposto, zonas de plantas daninhas e zonas de cultura numa resolução de 3,7 x 0,43 m e decidir sobre a pulverização em 0,37 s.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Local

O sistema para a aplicação localizada de defensivos agrícolas foi desenvolvido no Laboratório de Instrumentação Agrícola do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP. A avaliação do sistema numa situação real de controle de plantas daninhas ocorreu numa área de 4,1 ha pertencente à Usina Costa Pinto, localizada no município de Piracicaba. Essa área, cujas coordenadas aproximadas são 22°36'34"S e 47°38'08"W, é mostrada pelas imagens da Figura 3.

Figura 3 – Imagens da área onde foi feita a avaliação do sistema desenvolvido.

3.1.2 Trator

O trator utilizado foi o Modelo MF 5285, com tração 4x2 e potência de 62,5 kW (2.200 rpm) no motor.

3.1.3 Pulverizador

Tratorizado, de barras, da marca Jacto, modelo PJ-401, cujas principais características técnicas são:

- Tanque de polietileno com capacidade para 400 L;
- Agitação hidráulica da calda;
- Bomba modelo JP-402, com capacidade de recalque de 38 L/minuto e pressão máxima de 2100 kPa (300 lbf.pol⁻²);
- Barra de 9,5 m, com duas seções e acionamento manual;
- Dimensões (largura, altura e comprimento): 1,10 x 3,20 x 1,35 m;
- Peso: 1912,3 N (vazio);
- Bicos tipo leque, série UF – 02/50;
- Válvulas antigotejo

3.1.4 Válvulas solenóides

Duas válvulas solenóides da marca Jefferson, modelo 1335BA6, com as seguintes características técnicas:

- Faixa de pressão de trabalho: 10 a 1000 kPa;
- Normalmente fechadas;
- Conexão de ¾” BSP, adaptadas com redutor para ½”;
- Tensão 12 V;
- Construídas com material não corrosivo.

3.1.5 Sistema de posicionamento

Equipamento de GPS da marca Ashtech com correção diferencial via rádio, composto pelos seguintes itens (os números à frente de cada item correspondem à sua posição na foto da Figura 4):

- Monitor AgNavigator (1);
- Receptor GPS Ashtech (2);
- Rádio transmissor Pacific Crest RFM96S (3);
- Rádio receptor Pacific Crest RFM96W (4);
- Duas antenas receptoras de sinais GPS (5);
- Antena de rádio para transmissão do sinal de correção (6);
- Antena de rádio para recepção do sinal de correção (7);

Figura 4 – Equipamento de GPS com correção diferencial via rádio.

O esquema de montagem dos equipamentos encontra-se na Figura 5. O DGPS é formado por uma estação base (colocada num ponto fixo, de coordenadas conhecidas) e por um ponto móvel. A base é constituída pelos itens: receptor GPS, rádio transmissor, antena receptora dos sinais de GPS, antena transmissora dos sinais de correção e bateria 12V. A base é montada de forma que sua antena transmissora dos

sinais de correção mantenha contato visual com a antena receptora, presente no ponto móvel. O ponto móvel é composto pelos itens: monitor AgNavigator (que possui um receptor de GPS interno), rádio receptor, duas antenas receptoras dos sinais de correção e dos sinais de GPS e bateria 12V. O monitor AgNavigator possui uma saída serial de comunicação (COM2) para exportação de dados de posicionamento para monitores de colheita, computadores portáteis, etc.

Figura 5 – Esquema de montagem do DGPS.

3.1.6 Computadores

- Computador *Desktop* da marca Ritron, com processador Pentium 233 MHz.
- Computador *Notebook* da marca Rocky, com processador Pentium 166 MHz.

- Computador *Palmtop* da marca Compaq, com processador de 206 MHz.

3.1.7 Equipamentos utilizados no desenvolvimento e avaliação do programa

Ao longo do desenvolvimento e avaliação do programa computacional, optou-se pelo uso de uma plataforma montada no engate de três pontos do trator (Figura 6) e dois diodos emissores de luz (LEDs), em substituição ao pulverizador e as válvulas solenóides, respectivamente.

Figura 6 – Plataforma para desenvolvimento e avaliação do programa computacional.

O esquema de montagem dos equipamentos utilizados no desenvolvimento e avaliação do programa computacional é mostrado na Figura 7. O sistema de posicionamento, descrito no item 3.1.5, foi conectado ao *Notebook*, onde as versões do programa em desenvolvimento foram carregadas. Devido ao baixo tempo de duração da bateria do computador, utilizou-se um conversor de voltagem para elevar a tensão da bateria de 12 para 127 V. Uma interface de acionamento, a ser descrita no item

3.1.8, foi conectada à porta paralela de comunicação do *Notebook*. Os dois LEDs e uma bateria 12V Sunrise, modelo LC-R12751, foram interligados à interface.

Figura 7 – Esquema de montagem dos equipamentos utilizados no desenvolvimento do programa computacional.

3.1.8 Interface de acionamento

Para que o acionamento das válvulas solenóides pudesse ser feito por meio de um computador, foi necessário o desenvolvimento de uma interface (*driver*) de acionamento optoeletrônico, cuja função foi fornecer tensão elétrica às válvulas de acordo com os comandos do computador, transmitidos por meio de impulsos elétricos. O acionamento dos LEDs esquerdo e direito (simulando a presença das válvulas) é feito quando o computador envia nível alto de tensão (5 V) aos pinos 2 e 3, respectivamente, da porta paralela de comunicação. Ao receber estes impulsos, a interface fecha o contato entre a bateria e as válvulas solenóides. A Figura 8A mostra a foto da interface desenvolvida e a Figura 8B seu esquema de funcionamento. O circuito eletrônico da interface é mostrado pela Figura 9.

Figura 8 – Foto da interface de acionamento (A) e seu esquema de funcionamento (B).

Figura 9 – Circuito eletrônico da interface de acionamento.

3.1.9 Equipamentos utilizados no mapeamento das plantas daninhas

No mapeamento das plantas daninhas, para o teste do sistema desenvolvido numa situação real de controle, utilizou-se do *Palmtop*, o qual foi conectado ao DGPS descrito no item 3.1.5. O monitor AgNavigator, o rádio receptor e

uma bateria foram acomodados numa mochila. As antenas de recepção dos sinais de GPS e de correção foram adaptadas a uma haste de metal. Desta forma, os mapeamentos puderam ser feitos a pé. Um tripé foi utilizado para a montagem da base.

3.1.10 Equipamentos utilizados no teste do sistema numa situação real de controle de plantas daninhas

Para o teste do sistema numa situação real de controle de plantas daninhas utilizou-se os mesmos equipamentos descritos no item 3.1.7. Entretanto, ao invés da plataforma e dos LEDs, utilizou-se o pulverizador (descrito no item 3.1.3) e as válvulas solenóides (item 3.1.4).

Para a acomodação dos equipamentos (monitor AgNavigator, interface de acionamento, rádio, *Notebook* e cabos) foram construídas duas caixas de madeira, montadas sobre uma estrutura de metal presa à carroceria do trator. A foto da Figura 10 mostra a caixa e os equipamentos montados sobre o trator, no ângulo de visão do operador. A bateria e o conversor de voltagem foram colocados no assoalho do trator.

3.1.11 Programas computacionais

- Planilha eletrônica Excel;
- Linguagem de programação Borland C⁺⁺ Builder, versão 1.0;
- Programa de Sistema de Informação Geográfica (SIG) SSToolBox, versão 3.2.0;
- Field Rover II, versão 7.11.

3.1.12 Material utilizado na aplicação do defensivo

- Glyphosate (RoundUp);
- Equipamentos de proteção individual (EPI).

Figura 10 – Equipamentos colocados no trator.

3.2 Métodos

3.2.1 Instalação das válvulas

O pulverizador utilizado possui uma barra dividida em duas seções. A adaptação realizada constituiu-se da instalação de uma válvula solenóide em cada uma das seções do pulverizador. As válvulas foram adaptadas às mangueiras que levam a calda de pulverização às barras, interrompendo o fluxo do líquido. Para que o controle da pulverização fosse dependente somente da abertura das válvulas solenóides, o registro para as seções do pulverizador foi mantido sempre na posição aberto para ambas seções. Desta forma, a calda somente seguia em direção à barra de pulverização quando as válvulas solenóides eram acionadas, caso contrário a calda voltava ao tanque pela

mangueira de retorno. A Figura 11 mostra os esquemas original e modificado do pulverizador. A foto da Figura 12 mostra as duas válvulas solenóides instaladas e fixadas na estrutura de metal do pulverizador através de braçadeiras.

Figura 11 – Esquema hidráulico do pulverizador e a adaptação realizada.

Figura 12 – Válvulas solenóides instaladas no pulverizador.

3.2.2 Elaboração de um mapa de infestação hipotético

Para que o programa computacional pudesse ser desenvolvido, houve a necessidade da elaboração de um mapa de prescrição, uma vez que as informações contidas no arquivo de prescrição constituem o ponto de partida do programa. Assim, utilizou-se de uma área gramada sobre a qual uma região retangular de 10 x 15 m foi demarcada com o auxílio de estacas, representando uma mancha de infestação hipotética. Uma fita amarela foi posta em torno do perímetro desta região, rente ao solo, para a melhor visualização de seus limites.

Para a criação do mapa foram utilizados os equipamentos descritos no item 3.1.9. Os mapeamentos foram iniciados após o carregamento do programa Field Rover II no *Palmtop*. O primeiro deles visou o georreferenciamento dos limites do gramado, realizado por meio de caminamento ao redor de seu perímetro. O segundo ocorreu sobre a fita amarela. Os dois arquivos gerados foram transferidos ao computador *Desktop* e carregados no programa SSToolBox, onde foi realizada a sobreposição dos dois mapas gerados e a definição de duas regiões de controle: a primeira, formada pelo retângulo mapeado, onde a pulverização deveria ocorrer; e a segunda, formada pelas áreas restantes do campo, onde o controle não deveria ser efetuado. A Figura 13 mostra o mapa de prescrição hipotético gerado no programa SSToolBox.

O passo seguinte foi a exportação do mapa de prescrição para um arquivo, tendo sido escolhido o formato *Mid-Tech*, com extensão *arx*. Neste formato, são listados grupos de coordenadas referentes ao perímetro de cada uma das regiões do mapa de prescrição. Todas as coordenadas são apresentadas no formato UTM (*Universal Transverse Mercator*), que é um sistema de coordenadas planas, em unidade métrica. O arquivo gerado está listado no Anexo A..

Figura 13 – Mapa de prescrição hipotético

3.2.3 Desenvolvimento do programa computacional para controle do pulverizador

O programa computacional tem a função de acionar as válvulas solenóides presentes nas seções do pulverizador nos locais definidos pelo mapa de prescrição, promovendo a aplicação do defensivo somente nas manchas de infestação. São necessárias duas informações para seu funcionamento: o mapa de prescrição, contendo as coordenadas dos limites das infestações mapeadas, e a posição do pulverizador no campo, fornecida em tempo real pelo DGPS.

O programa foi desenvolvido para controlar as duas seções de barra existentes no pulverizador, de forma independente, através do acionamento das válvulas solenóides presentes em cada uma delas. Portanto, as quatro possibilidades de acionamento das válvulas são: ambas abertas, ambas fechadas, somente direita aberta e somente esquerda aberta.

O desenvolvimento de um programa como este se justificou pela ausência de programas computacionais no mercado, capazes de controlar um pulverizador levando em consideração mais de uma seção em sua barra de pulverização.

O programa foi criado em linguagem C⁺⁺, através do aplicativo Borland C⁺⁺ Builder, versão 1.0. Foi desenvolvido para ser executado sob a plataforma Windows, o que permitiu a possibilidade de se empregar a interface gráfica para a tomada de todas as decisões do programa. Optou-se por dividir a tela do programa em três regiões: menu, área de informações e plano gráfico, contendo o mapa. As etapas de desenvolvimento do programa são descritas a seguir.

a) Carregamento do arquivo de prescrição

Uma rotina de extração de dados foi desenvolvida para o carregamento de arquivos com extensão *arx* (listado no Anexo A), gerados conforme relatado no item 3.2.2. As coordenadas são extraídas do arquivo de prescrição, sendo descartados os cabeçalhos de cada um dos grupos de coordenadas.

b) Impressão do mapa de prescrição no plano gráfico

Por possuírem o formato UTM, as coordenadas do arquivo de prescrição podem ser representadas num eixo cartesiano, numa projeção plana. Para serem impressas no plano gráfico, as coordenadas são convertidas em unidades de pixel, sendo utilizado um parâmetro de conversão que considera as maiores e menores latitudes e longitudes extraídas do arquivo de prescrição. O ponto de origem deste eixo encontra-se no canto superior esquerdo do plano gráfico, sendo que as coordenadas em X aumentam para direita e as de Y para baixo. A Figura 14 mostra um esboço da tela do programa.

Todos os grupos de dados contidos no arquivo de prescrição são impressos no plano gráfico, sendo que o grupo referente aos limites do campo recebe a cor preta. Os grupos referentes às manchas de infestação recebem a cor azul, e as regiões formadas por estes pontos são preenchidas pela mesma cor.

Figura 14 – Esboço da tela do programa.

c) Impressão da posição do pulverizador no plano gráfico

O DGPS, conectado à porta serial do computador envia, a cada segundo, um pacote de informações, dentro do qual estão contidas as latitudes e longitudes da posição do pulverizador no campo. Uma rotina de extração separa os valores referentes às coordenadas no formato geodésico, em graus, minutos e décimos de minutos. Para serem impressas no plano gráfico, essas coordenadas são transformadas para o formato de coordenadas planas (UTM). A transformação é feita por meio de um algoritmo, fornecido por Molina & Sá (2000)¹. De posse das coordenadas do pulverizador numa projeção plana, as latitudes e longitudes são convertidas em termos de pixel para que o ponto seja impresso no plano gráfico. Este ponto é representado por um círculo vermelho, como mostrado na Figura 14.

Quando ocorre um erro de recepção dos sinais do GPS ou dos sinais de correção e nenhuma posição é enviada, o programa considera o último ponto enviado pelo DGPS.

¹ MOLINA, E.C.; SÁ, N.C. Algoritmo para transformação entre coordenadas geodésicas e UTM. Comunicação pessoal. Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, 2000.

d) Verificação do posicionamento do pulverizador em relação às manchas

Para verificar se o pulverizador encontra-se no interior de uma mancha de infestação, o programa verifica a cor do pixel onde o centro do círculo vermelho foi alocado na tela. Se este pixel for da cor azul, significa que o centro do pulverizador se encontra no interior de uma mancha. Esta situação é mostrada na Figura 15A, onde pode-se visualizar uma fração do plano gráfico do programa. A figura do trator com o pulverizador foi utilizada apenas para a melhor visualização da situação e a região mais escura é uma mancha de infestação. Neste caso, ambas seções do pulverizador são acionadas.

Figura 15 – Situação em que o centro do pulverizador encontra-se no interior de uma mancha de infestação (A), ou fora dela, porém com uma (B) ou duas (C) seções sobre manchas distintas.

No entanto, se o pixel do local onde o círculo vermelho foi alocado na tela não é azul, significa que o centro do pulverizador não se encontra numa mancha de plantas daninhas. Isto não quer dizer que a pulverização não deva ocorrer, pois o círculo vermelho representa a localização da antena, situada no centro do trator. Pode ocorrer a situação em que o centro do pulverizador se encontre fora de uma mancha de infestação, mas com uma, ou até ambas seções da barra sobre infestações (Figuras 15B e 15C). Para se observar esta possibilidade, o programa dá seqüência a uma série de cálculos trigonométricos a fim de verificar se alguma fração da barra de pulverização encontra-se sobre uma mancha de infestação.

O primeiro procedimento é determinar a distância entre o pulverizador e a mancha de infestação mais próxima. Este cálculo é realizado utilizando-se das coordenadas extraídas do arquivo de prescrição. O programa calcula a distância entre o ponto atual do pulverizador e cada um dos pontos formadores das manchas de infestação através da eq. (1).

$$\text{distância} = \sqrt{(x_M - x_P)^2 + (y_M - y_P)^2} \quad (1)$$

onde:

X_M = longitude de um ponto formador de uma mancha de infestação

Y_M = latitude de um ponto formador de uma mancha de infestação

X_P = longitude do ponto atual do pulverizador

Y_P = latitude do ponto atual do pulverizador

Se a distância encontrada for menor ou igual a metade do comprimento da barra de pulverização, uma das seções pode estar sobre uma mancha de plantas daninhas. Assim, o programa dá sequência aos cálculos para estabelecer uma projeção da barra e, a partir daí, definir onde estão localizadas as suas extremidades. Conhecendo-se estes dois pontos pode-se determinar, novamente pela cor do pixel, se os mesmos encontram-se sobre manchas de infestação.

Para se definir a projeção da barra, o programa utiliza as coordenadas atuais e as últimas coordenadas registradas. Conhecendo-se estes dois pontos, o programa traça uma reta, unindo-os, estabelecendo, desta forma, a trajetória do trator e, conseqüentemente, do pulverizador. Existem três trajetórias de deslocamento possíveis: longitudinal, transversal e inclinada. Além da trajetória, o programa define também o sentido de caminhamento para identificar os lados direito e esquerdo da barra de pulverização. A Figura 16 ilustra todas as possibilidades e as letras correspondem a:

X_0 = longitude do ponto anterior

Y_0 = latitude do ponto anterior

X_1 = longitude do ponto atual

Y_1 = latitude do ponto atual

PD_X = longitude da extremidade direita da barra

PD_Y = latitude da extremidade direita da barra

PE_X = longitude da extremidade esquerda da barra

PE_Y = latitude da extremidade esquerda da barra

Figuras 16 – Possíveis trajetórias e sentidos de deslocamento do trator.

A trajetória longitudinal (mostrada nos croquis **a** e **b** da Figura 16) é explicada pela Figura 17.

Figura 17 – Trajetória longitudinal do trator, com caminhamento à direita (A) e à esquerda (B).

Na Figura 17 são mostrados os dois sentidos na trajetória longitudinal: à direita (A) e à esquerda (B). As coordenadas do ponto anterior são representadas por X_0, Y_0 e as coordenadas atuais, por X_1, Y_1 . Estes dois conjuntos de coordenadas são conhecidos pelo programa, tendo sido fornecidos pelo DGPS. Os valores a serem encontrados se referem às coordenadas das pontas direita (PD_X, PD_Y) e esquerda (PE_X, PE_Y) da barra de pulverização. A trajetória do trator é definida pela reta T e o tamanho da seção da barra é representado por S. A trajetória longitudinal somente ocorre quando não há variação dos valores do eixo Y, das latitudes, ou seja, quando é estabelecida a igualdade expressa pela eq. (2).

$$Y_0 = Y_1 \quad (2)$$

Quando em trajetória longitudinal, as coordenadas das extremidades da barra de pulverização são definidas por:

$$\begin{aligned} \text{À direita} & \quad \left\{ \begin{aligned} PD_X &= X_1 \\ PD_Y &= Y_1 + S \end{aligned} \right. & (3) \\ \text{(Figura 17A)} & \quad \left\{ \begin{aligned} PE_X &= X_1 \\ PE_Y &= Y_1 - S \end{aligned} \right. & (4) \\ & \quad \left\{ \begin{aligned} PE_X &= X_1 \\ PE_Y &= Y_1 - S \end{aligned} \right. & (5) \\ & \quad \left\{ \begin{aligned} PD_X &= X_1 \\ PD_Y &= Y_1 + S \end{aligned} \right. & (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{À esquerda} & \begin{cases} PD_X = X_1 & (7) \\ PD_Y = Y_1 - S & (8) \\ PE_X = X_1 & (9) \\ PE_Y = Y_1 + S & (10) \end{cases} \end{aligned} \quad \text{(Figura 17B)}$$

onde,

S = comprimento da seção da barra do pulverizador.

A trajetória transversal (croquis **c** e **d** da Figura 16) é explicada pela Figura 18. Nesta situação, não ocorre variação dos valores do eixo das longitudes (X), sendo estabelecida a igualdade expressa pela eq. (11).

$$X_0 = X_1 \quad (11)$$

Figura 18 – Trajetória transversal do trator, com caminhamento para cima (A) e para baixo (B).

Quando em trajetória transversal, as coordenadas das pontas da barra de pulverização são definidas pelas equações:

$$\begin{aligned} \text{Para cima} & \begin{cases} PD_X = X_1 + S & (12) \\ PD_Y = Y_1 & (13) \\ PE_X = X_1 - S & (14) \\ PE_Y = Y_1 & (15) \end{cases} \end{aligned} \quad \text{(Figura 18A)}$$

$$\begin{aligned} \text{Para baixo} & \left\{ \begin{aligned} \text{PD}_X &= X_1 - S \\ \text{PD}_Y &= Y_1 \end{aligned} \right. & (16) \\ \text{(Figura 18B)} & \left\{ \begin{aligned} \text{PE}_X &= X_1 + S \\ \text{PE}_Y &= Y_1 \end{aligned} \right. & (17) \\ & \left\{ \begin{aligned} \text{PE}_X &= X_1 + S \\ \text{PE}_Y &= Y_1 \end{aligned} \right. & (18) \\ & \left\{ \begin{aligned} \text{PE}_X &= X_1 + S \\ \text{PE}_Y &= Y_1 \end{aligned} \right. & (19) \end{aligned}$$

Quando as igualdades das equações (2) e (11) não são estabelecidas, a trajetória do trator não é longitudinal e nem transversal. Na trajetória inclinada, existem quatro possibilidades para definição do sentido de caminhamento do trator, explicadas pela Figura 19.

Figura 19 – Trajetória inclinada, com caminhamento do trator para cima à direita (A), para cima à esquerda (B), para baixo à esquerda (C) e para baixo à direita (D).

As condições para que ocorra cada uma dessas possibilidades estão expressas nas equações:

$$\begin{array}{l} \text{Para cima à direita} \\ \text{(Figura 19A)} \end{array} \quad \begin{cases} X_0 \leq X_1 \\ e \\ Y_0 > Y_1 \end{cases} \quad \begin{array}{l} (20) \\ \\ (21) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Para cima à esquerda} \\ \text{(Figura 19B)} \end{array} \quad \begin{cases} X_0 \geq X_1 \\ e \\ Y_0 > Y_1 \end{cases} \quad \begin{array}{l} (22) \\ \\ (23) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Para baixo à esquerda} \\ \text{(Figura 19C)} \end{array} \quad \begin{cases} X_0 \leq X_1 \\ e \\ Y_0 < Y_1 \end{cases} \quad \begin{array}{l} (24) \\ \\ (25) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Para baixo à direita} \\ \text{(Figura 19D)} \end{array} \quad \begin{cases} X_0 \geq X_1 \\ e \\ Y_0 < Y_1 \end{cases} \quad \begin{array}{l} (26) \\ \\ (27) \end{array}$$

Para todos os casos mostrados na Figura 19, a determinação das coordenadas das extremidades da barra (PD_X , PD_Y e PE_X , PE_Y) é feita considerando-se α , que é o ângulo formado entre a projeção da barra e a vertical. O ângulo α é definido por:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0}\right) \quad (28)$$

Conhecendo-se o valor do ângulo α pode-se determinar os valores de ΔX e de ΔY :

$$\Delta X = S \times \sin(\alpha) \quad (29)$$

$$\Delta Y = S \times \cos(\alpha) \quad (30)$$

onde,

ΔX = variação das longitudes entre as extremidades da barra e o ponto atual do pulverizador

ΔY = variação das latitudes entre as extremidades da barra e o ponto atual do pulverizador

Assim, as coordenadas das extremidades da barra de pulverização são definidas pelas equações:

$$\begin{array}{l} \text{Para cima à direita} \\ \text{(Figura 19A)} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} PD_X = X_1 + \Delta X \\ PD_Y = Y_1 + \Delta Y \\ PE_X = X_1 - \Delta X \\ PE_Y = Y_1 - \Delta Y \end{array} \right. \begin{array}{l} (31) \\ (32) \\ (33) \\ (34) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Para cima à esquerda} \\ \text{(Figura 19B)} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} PD_X = X_1 + \Delta X \\ PD_Y = Y_1 - \Delta Y \\ PE_X = X_1 - \Delta X \\ PE_Y = Y_1 + \Delta Y \end{array} \right. \begin{array}{l} (35) \\ (36) \\ (37) \\ (38) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Para baixo à esquerda} \\ \text{(Figura 19C)} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} PD_X = X_1 - \Delta X \\ PD_Y = Y_1 + \Delta Y \\ PE_X = X_1 + \Delta X \\ PE_Y = Y_1 - \Delta Y \end{array} \right. \begin{array}{l} (39) \\ (40) \\ (41) \\ (42) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Para baixo à direita} \\ \text{(Figura 19D)} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} PD_X = X_1 - \Delta X \\ PD_Y = Y_1 - \Delta Y \\ PE_X = X_1 + \Delta X \\ PE_Y = Y_1 + \Delta Y \end{array} \right. \begin{array}{l} (43) \\ (44) \\ (45) \\ (46) \end{array}$$

De posse das coordenadas das extremidades da barra, o programa verifica a cor do pixel dessas posições na tela do computador. Assim, só vão ser acionadas as seções cuja extremidade se situe numa região de pixels azuis.

e) Acionamento das válvulas solenóides

Ao decidir quais seções devem ser acionadas, o programa realiza o controle das válvulas solenóides por meio da interface de acionamento, descrita no item 3.1.8.

f) Registro de aplicação

A função do registro de aplicação é armazenar as coordenadas dos locais onde ocorre o acionamento das válvulas solenóides. Uma rotina armazena os dados de latitude, longitude e válvula acionada num arquivo texto.

A Figura 20 ilustra o fluxograma final do programa computacional.

Figura 20 – Fluxograma do programa computacional.

3.2.3.1 Avaliação das versões em desenvolvimento

As versões em desenvolvimento foram avaliadas na área gramada, sobre a região mapeada, com o uso dos equipamentos descritos no item 3.1.7. Ao longo do processo de desenvolvimento, foram utilizados três percursos com o trator e a plataforma sobre a mancha de infestação hipotética. Estes percursos simularam a passagem do pulverizador no interior da mancha e ao seu redor, como mostra a Figura 21.

Figura 21 – Percursos realizados na avaliação das versões em desenvolvimento.

Os três percursos eram iniciados na posição A e terminavam na posição D. O retângulo no centro da figura mostra a mancha de infestação hipotética, com início na posição B e término na posição C. A distância entre os percursos 1 e 3 e a borda da mancha foi suficiente para que as extremidades das barras entrassem um metro na região demarcada pela fita amarela. Ao executar os percursos, os LEDs eram observados para se verificar o acionamento das seções de barra. Neste processo de desenvolvimento e de verificação do funcionamento do programa, utilizou-se baixa velocidade ($0,4 \text{ m.s}^{-1}$ ou $1,5 \text{ km.h}^{-1}$). A adoção dessa velocidade teve por objetivo evitar problemas com o tempo de atualização das informações de posicionamento, já que, a cada segundo, uma nova

informação é enviada pelo DGPS, processada pelo programa e impressa na tela. Entretanto, por se tratar de um veículo em movimento, a informação recebida pode não ser mais referente ao local em que o veículo está situado no momento, mas sim de um local já visitado por ele. Para que este tipo de erro pudesse ser evitado em velocidades maiores, foi necessária a utilização de uma bordadura de segurança, como será abordado no item a seguir.

3.2.3.2 Bordadura de segurança para evitar falhas de pulverização nas margens das manchas

Assim como relatado no item anterior, a definição de uma bordadura de segurança ao redor das manchas de infestação foi necessária para evitar erros referentes ao tempo de atualização da informação de posicionamento sob velocidades mais elevadas. Este tipo de erro pode ocorrer somente na transição entre uma área infestada e outra não infestada. A Figura 22 mostra uma situação em que o trator entra numa mancha de infestação.

Figura 22 – Trator entrando numa mancha de infestação.

O círculo representa a posição da antena do GPS, localizada no teto do trator. A posição da barra é representada pelo “X”, distante 1,5 m da antena. Na Figura 22^A, a antena está às margens de uma mancha, muito próximo dela, mas ainda fora dela. Considerando-se o tempo de um segundo para atualização da informação de

posicionamento e a velocidade de $1,1 \text{ m.s}^{-1}$ ($4,0 \text{ km/h}^{-1}$) do trator, a próxima informação será enviada 1,1 m depois. Neste ponto (Figura 22B), o trator já estará no interior da mancha. Devido a distância entre a antena e a barra, a falha não ocorre, uma vez que a barra ainda se encontra fora da mancha. Porém, na saída de uma mancha, a falha pode vir a ocorrer, conforme mostra a Figura 23, onde o trator se encontra trafegando para a direita, saindo de uma mancha.

Figura 23 – Trator saindo de uma mancha de infestação.

Na Figura 23A, a posição enviada pelo DGPS indica que a antena já saiu da mancha, mas está muito próxima dela, às suas margens. Nesta situação, as válvulas são desligadas e a pulverização pára; porém a barra do pulverizador ainda encontra-se no interior da mancha e, a partir desse ponto, o controle não é efetuado, dando origem às falhas (Figura 23B).

Considerando este tipo de erro, optou-se por utilizar uma bordadura de segurança ao redor das infestações de, aproximadamente, 1,5 m, valor capaz de evitar falhas de pulverização devidas a esse erro.

3.2.4 Teste do sistema numa situação real de controle

O sistema desenvolvido foi submetido a um teste em condições reais de controle de plantas daninhas, a fim de se avaliar eficácia do equipamento em atingir os

alvos (manchas), assim como determinar a redução de herbicida alcançada pelo sistema, em comparação ao controle convencional.

Os testes foram feitos na área de reforma de canavial de 4,1 ha da Usina Costa Pinto. Esta fase foi dividida em quatro subetapas:

- Mapeamento das plantas daninhas;
- Criação do mapa de prescrição;
- Aplicação localizada de herbicida;
- Avaliação dos resultados.

3.2.4.1 Mapeamento das plantas daninhas

A metodologia empregada no mapeamento das plantas daninhas foi a do georreferenciamento do perímetro das infestações, descrita por Colliver et al. (1996) e avaliada por Balastreire & Baio (2001b). Neste método, o mapeamento é feito pelo caminhar ao redor das infestações, cujos limites são identificados visualmente.

Os equipamentos utilizados no mapeamento foram os mesmo empregados para a criação do mapa de prescrição hipotético, descritos no item 3.1.9. Após o estabelecimento da estação base, iniciaram-se os mapeamentos. O primeiro mapa criado foi o do contorno do talhão, tendo sido percorrido todo seu perímetro. De posse do mapa dos limites do talhão, criou-se uma grade de 20 x 20 m na tela do *Palmtop* para facilitar o mapeamento das plantas daninhas. Todas as manchas encontradas foram mapeadas e diferenciadas somente em termos de espécies. Não se utilizaram pesos ou notas para diferenciação do porte da planta ou densidade de infestação.

3.2.4.2 Criação do mapa de prescrição

Toda metodologia empregada para a criação do mapa de prescrição da área real foi a mesma utilizada na obtenção do mapa de infestação hipotético, descrita no item 3.2.2.

Conforme relatado no item 3.2.3.2, foi utilizada uma borda de segurança de 1,50 m ao redor das infestações para evitar falhas de pulverização.

3.2.4.3 Aplicação localizada

Antes do início da operação de aplicação localizada, fez-se a calibração do pulverizador. Escolheu-se a combinação de marcha para que o trator trafegasse com velocidade de $1,1 \text{ m.s}^{-1}$ ($4,0 \text{ km.h}^{-1}$) e rotação de 540 rpm na TDP. Foram utilizados bicos tipo leque, malha 50 e a pressão de trabalho do pulverizador foi ajustada para 275,79 kPa (40 lbf.pol^{-2}). Mediu-se o tempo gasto pelo pulverizador para percorrer 50 m na marcha escolhida e coletou-se o volume pulverizado pelos bicos durante esse tempo. Nestas configurações, o pulverizador foi ajustado para aplicar um volume de calda de 200 L.ha^{-1} . Desta forma, foram diluídos 8 L de Roundup em 400 L colocados no tanque do pulverizador, para que a dosagem do herbicida fosse de $4,0 \text{ L.ha}^{-1}$.

A dosagem do herbicida foi definida de acordo com a recomendação do fabricante do produto, em função da planta daninha de maior ocorrência e de maior dificuldade de controle.

Os equipamentos utilizados nesta etapa foram descritos no item 3.1.10. O trator foi posicionado numa das extremidades do talhão, o DGPS e o computador foram ligados e iniciou-se o programa para controle das válvulas. Carregou-se o mapa de prescrição e abriu-se o arquivo de registro.

O operador realizou a aplicação localizada como se fosse uma tarefa normal de pulverização. Não se utilizou nenhum artifício para orientação do operador com relação ao paralelismo das passadas, como barra de luzes, marcador de espuma ou correntes. A orientação foi feita visualmente, adotando-se como referência a marca dos pneus feita na passagem anterior do trator. Após o término da aplicação, o arquivo de registro foi fechado e anotou-se a quantidade de calda restante no tanque, através do marcador de nível do pulverizador.

3.2.4.4 Avaliação dos resultados

A análise dos resultados foi feita avaliando-se os seguintes itens:

- ⇒ Identificação visual do controle;
- ⇒ Mapeamento das manchas não controladas: feito trinta dias após a aplicação do herbicida. Foram utilizados os mesmos equipamentos descritos no item 3.1.9;
- ⇒ Sobreposição do mapa de aplicação (registro) ao mapa de prescrição, no programa SSToolBox;
- ⇒ Determinação da economia de herbicida em comparação ao tratamento convencional: levou-se em conta a quantidade de calda na aplicação localizada e a quantidade de calda que seria gasta caso o controle fosse feito em área total.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Montagem do sistema

Uma avaliação inicial feita com o tanque do pulverizador cheio d'água acoplado ao trator e a conexão direta das válvulas solenóides a uma bateria de 12V mostrou um tempo de resposta extremamente baixo do equipamento. Ou seja, com a TDP do trator acionada e o registro para os bicos aberto para ambas seções, a pulverização iniciou-se instantaneamente quando as válvulas solenóides foram acionadas. A existência de válvulas antigotejo nos bicos de pulverização favoreceu esse baixo tempo, uma vez que as mangueiras e a tubulação estavam sempre cheias d'água. Assim, o uso de válvulas solenóides para realizar a simples função liga-desliga (passagem ou não passagem da calda às barras) pode ser considerado uma opção ágil, conforme relataram Paice et al., 1996.

4.2 Desenvolvimento do programa computacional para controle do pulverizador

A utilização da plataforma de testes e dos LEDs, em substituição ao pulverizador e as válvulas, respectivamente, permitiu um processo mais rápido e eficiente no desenvolvimento do programa computacional utilizado neste trabalho, o qual somente se encerrou quando obteve-se o acionamento esperado dos LEDs nos percursos feitos com a plataforma de testes sobre a área com a mancha de infestação hipotética (como mostrou a Figura 21, do item 3.2.3.1). Os resultados finais são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2. Acionamento dos LEDs ao longo dos três percursos.

PERCURSOS	INTERVALOS		
	A-B	B-C	C-D
1	nenhum	direito	nenhum
2	nenhum	ambos	nenhum
3	nenhum	esquerdo	nenhum

Estes resultados podem ser visualizados pela Figura 24, que mostra o arquivo de registro, gerado ao longo dos percursos, sobreposto ao mapa de prescrição. As setas indicam o sentido de caminhamento do trator e os símbolos da legenda indicam os LEDs acionados.

Figura 24 – Mapa de registro sobreposto ao mapa de prescrição.

De acordo com a Figura 24, o acionamento dos LEDs foi efetuado de forma correta e o controle independente das seções se mostrou eficiente. Verificou-se que os acionamentos ocorreram muito próximos aos limites da mancha (linhas B e C). Entretanto, deve-se ressaltar que estes resultados foram obtidos trafegando-se a uma

velocidade baixa, para que se pudesse verificar o funcionamento do programa. Desta forma, os problemas envolvendo o tempo de atualização das informações foram minimizados.

A Figura 25 mostra a tela do programa desenvolvido, com o mapa de prescrição hipotético carregado.

Figura 25 – Tela do programa desenvolvido.

As funções do menu principal, mostrado nas Figuras 26A e 26B, são as seguintes:

- Carregar o mapa de prescrição (são aceitos somente arquivos com extensão *arx*, produzidos conforme relatado na metodologia).

- Fechar o arquivo de prescrição.
- Iniciar e fechar um arquivo de registro (*Log*), em formato texto.
- Configurar parâmetros de comunicação entre o *Notebook* e o DGPS.
- Iniciar e parar o controle das válvulas solenóides, via porta serial de comunicação.

Figura 26 – Detalhes da tela do programa. Submenus de “Arquivo” (A), submenu de “Configurações” (B), Status das seções e Coordenadas atuais (C) e indicador de erros de recepção e definição do tamanho da barra de pulverização (D).

A Figura 26C ilustra o detalhe do campo “Status das Seções”, onde é mostrado o status de funcionamento das válvulas solenóides. Neste exemplo, somente a válvula direita, e conseqüentemente a seção direita, estão acionados. O mesmo item mostra o detalhe do campo “Coordenadas Atuais”, onde são impressas as latitudes e longitudes da localização do pulverizador no campo no formato geodésico e no formato UTM. A cada segundo este formulário é atualizado com uma nova posição enviada pelo DGPS. A Figura 26D detalha o indicador de perda de recepção dos sinais de GPS ou algum problema na recepção dos sinais de correção. A mesma Figura mostra também o campo de definição do tamanho da barra de pulverização.

4.3 Teste do sistema numa situação real de controle

4.3.1 Mapeamento das plantas daninhas

De acordo com as imagens da área onde foi realizado o teste, mostradas na Figura 3 (no item 3.1.1), verifica-se que as infestações de plantas daninhas encontravam-se bastante agregadas. O padrão de distribuição das plantas daninhas encontrado permitiu uma clara definição dos limites das manchas de infestação, o que favoreceu a execução da estratégia de mapeamento adotada. Em determinadas situações, a estratégia do georreferenciamento do perímetro das infestações pode ser considerada difícil e subjetiva, principalmente quando as infestações são altas e com grande número de espécies, resultando em erros na identificação dos limites das infestações. Entretanto, na situação encontrada, onde as infestações se apresentaram agregadas e muito pobres em diversidade de espécies, o mapeamento se tornou pouco subjetivo e eficaz. Este cenário se mostrou interessante para os objetivos propostos neste trabalho e é uma situação relativamente comum em áreas de reforma de canavial.

Ao longo do mapeamento, foram identificadas apenas três espécies de plantas daninhas com algum padrão de agregação: tiririca (*Cyperus rotundus* L.), corda-de-viola (*Ipomoea nil* L.) e grama-seda (*Cynodon dactylon* L.). Todas as espécies estavam em estágio inicial de desenvolvimento (plântulas com 3 a 4 cm de altura).

A Figura 27 mostra os mapas das espécies infestantes e do perímetro do talhão. Nota-se que a maior parte das infestações mapeadas foi de tiririca. A tiririca é uma das plantas daninhas de mais difícil combate na cultura da cana-de-açúcar e requer altas doses de herbicida para que haja controle eficiente. As outras plantas daninhas encontradas, corda-de-viola e grama-seda, apresentaram pequenas manchas com um mínimo padrão de agregação e também algumas ocorrências esporádicas, sem nenhum padrão de agregação.

Figura 27 – Os quatro mapeamentos realizados na área do teste.

As manchas de tiririca totalizaram 1,02 ha, enquanto que as manchas de corda-de-viola e grama-seda totalizaram, juntas, 0,1 ha. Assim, aproximadamente $\frac{1}{4}$ do talhão estava infestado com algum tipo de planta daninha, comprovando os relatos de diversos autores de que a maioria das plantas infestantes ocorre de maneira heterogênea,

em manchas agregadas (Gerhards et al., 1996; Nordmeyer et al., 1997; Green et al., 1997, entre outros).

A grade de 20 x 20 m utilizada facilitou o mapeamento, pois evitou que alguma área fosse mapeada mais de uma vez, ou que deixasse de ser mapeada. Os três mapas de infestação foram sobrepostos no programa SSToolBox e o mapa de prescrição elaborado, conforme metodologia relatada. O mapa de prescrição, contendo as regiões onde a pulverização deveria ocorrer, é mostrado na Figura 28.

Figura 28 – Mapa de prescrição do talhão.

4.3.2 A aplicação localizada

Conforme relatado na metodologia, a velocidade de $1,1 \text{ m.s}^{-1}$ ($4,0 \text{ km.h}^{-1}$) foi mantida constante ao longo de todo trajeto. O volume de calda gasto na operação de

pulverização foi de 250 L. O arquivo de registro da aplicação, listado no Anexo B, deu origem ao mapa da Figura 29.

Figura 29 – Arquivo de registro da aplicação.

Cada ponto no mapa representa uma posição geográfica onde ocorreu o acionamento de alguma válvula presente no pulverizador. As cores, conforme a legenda, indicam as seções acionadas. Os quadrados e triângulos indicam o início de cada grupo de coordenadas e auxiliam na definição do sentido de deslocamento do trator. O ponto A é o local do início da pulverização e o ponto B o fim; o ponto C mostra um local onde houve excessiva sobreposição, em função do formato irregular do talhão (mais largo ao sul e estreito ao norte) e o ponto D mostra o início da única “linha morta” de todo o percurso.

O gráfico da Figura 30 ilustra o número de pontos georreferenciados e o acionamento correspondente de cada uma das seções de barra.

Figura 30 – Número de pontos onde houve acionamento das seções de barra.

Evidentemente, o número de pontos onde ambas seções foram acionadas é superior aos pontos onde houve o acionamento de uma única válvula. Entretanto, o intuito deste gráfico é mostrar que o controle independente das seções de barra foi bastante solicitado, uma vez que em cerca de 300 pontos (de um total de 1054) este acionamento foi executado (somando-se seções esquerda e direita). O gráfico da Figura 31 mostra os dados em porcentagem.

Figura 31 – Porcentagem dos pontos de acionamento das seções de barra.

A Figura 31 mostra que em 28% dos pontos registrados houve o acionamento de apenas uma seção de barra, o que permitiu redução de herbicida, caso o controle fosse efetuado sobre a barra toda. Este fato justificou o desenvolvimento de uma rotina de cálculos implementada ao programa para o controle independente das seções e mostra que o aumento da resolução espacial do pulverizador resulta em maior economia de herbicida em operações de aplicação localizada, conforme relataram Gerhards et al., 1999.

4.3.3 Avaliação dos resultados

4.3.3.1 Sobreposição do mapa de registro ao mapa de prescrição

A Figura 32 mostra o arquivo de registro sobreposto ao mapa de prescrição, onde verificou-se que os alvos foram atingidos. A sobreposição do arquivo de registro ao mapa de prescrição mostrou que, quando o centro do trator encontrava-se no interior de uma mancha de infestação, ambas seções foram acionadas. Quando fora, o programa foi capaz de verificar se as extremidades da barra estavam sobre infestações, promovendo o acionamento somente dessas seções. Contudo, a confirmação do acerto aos alvos somente foi obtida pela identificação visual do controle e mapeamento das manchas não controladas.

Figura 32 – Mapa de registro da aplicação sobreposto ao mapa de recomendação.

4.3.3.2 Identificação visual do controle e mapeamento das manchas não controladas

As imagens da Figura 33 mostram um mesmo local, antes e após o controle químico. O período de 30 dias foi suficiente para verificar a sua eficiência.

No mapeamento das manchas não controladas constatou-se uma falha de aplicação, resultante da perda de recepção do sinal do GPS ou do sinal de correção. Esta falha é mostrada na Figura 34.

Figura 33 – Manchas de infestação antes (A) e após (B) o controle.

Figura 34 – Falha de aplicação.

Assim como relatado na descrição dos métodos, ao ocorrer uma perda de recepção, o programa considera o ponto anterior. Quando isto ocorre e o trator se encontra longe das bordas das manchas, este problema não causa falhas, pois o ponto anterior possui o mesmo comando das válvulas. Entretanto, se a perda de recepção ocorre próximo às bordas de uma mancha, falhas de aplicação podem acontecer, pois o

ponto anterior pode ter um comando diferente das válvulas. Foi o que ocorreu no presente caso: a falha de recepção se deu no momento em que o trator entrava na mancha. Neste momento, o programa considerou o ponto anterior, quando o trator encontrava-se fora da mancha, realizando a manobra de cabeceira, com as duas válvulas desligadas. Utilizando este ponto anterior, as válvulas continuaram desligadas até que a recepção ser restabelecida, o que provocou a falha. Além disso, o indicador de perda de recepção foi aceso nesse momento, o que confirmou a causa da falha.

Esta foi a única falha decorrente de problemas de recepção e não foram encontradas falhas referentes ao tempo de atualização das informações de posicionamento, o que mostra que a bordadura de 1,5 m foi suficiente.

4.3.3.3 Determinação da economia de herbicida

Se a aplicação tivesse sido realizada em área total, o gasto com herbicida seria de:

Área total: 4,1 hectares

Dosagem do herbicida: 4,0 L.ha⁻¹

Quantidade de calda necessária: 820 L

Consumo de herbicida = 4,1 ha x 4 L.ha⁻¹ = **16,4 L**

O consumo de herbicida obtido no teste foi determinado em função da quantidade de calda gasta:

Quantidade de calda por hectare: 200 L

Quantidade de calda gasta na aplicação localizada: 250 L

200 L —————> 4,0 L de herbicida

250 L —————> x L de herbicida

x = 5,0 L

Portanto, a redução alcançada foi de:

$$100 - \frac{5,0}{16,4} \times 100 = \mathbf{69,52\%}$$

4.4 Considerações Finais

A redução alcançada de herbicida de quase 70% em comparação ao tratamento convencional evidencia que a aplicação localizada de herbicidas se mostra capaz de promover grandes reduções deste defensivo, conforme relataram Mortensen et al., 1995; Heisel et al., 1996b; entre outros. Entretanto, reduções elevadas como o presente caso somente são alcançadas em condições específicas. A situação encontrada na área do teste, onde as plantas daninhas mantinham alto padrão de agregação, com a formação de manchas bastante nítidas e áreas sem nenhuma infestação, pode ser considerada relativamente comum em campos de reforma de canavial. Alguns trabalhos realizados em clima temperado também relataram este tipo de situação (Lippert & Wolak, 1999; Biller et al., 1997), com o predomínio de baixa diversidade de espécies. Contudo, esta situação nem sempre ocorre em situações de clima tropical e subtropical, com a predominância de grande diversidade de infestações, não sendo comum a existência de áreas isentas de qualquer planta daninha.

Estas observações não inviabilizam o uso da estratégia liga-desliga em outras situações diferentes da encontrada, por duas razões. A primeira delas se refere ao conceito de nível de dano econômico, que nem sempre é respeitado. Mesmo num campo que aparentemente esteja infestado por toda sua extensão, é possível que determinadas regiões estejam com infestações abaixo do nível de dano econômico, onde o controle químico não é justificado. Desta forma, a pulverização poderia ser confinada somente às áreas com infestação acima do nível de dano econômico. A segunda razão é a possibilidade de se realizar o controle por meio de duas operações de pulverização. Pode-se supor uma determinada área totalmente infestada, mas com regiões de maior e

de menor densidade de infestação, onde poderiam ser empregadas duas doses diferentes: metade e total. O controle poderia ser feito por meio de uma primeira pulverização com metade da dose em área total, e uma segunda aplicação, novamente com metade da dose, de forma localizada, sobre as manchas de maior densidade de infestação. Assim, as manchas de maior densidade receberiam a dose total e o restante, a metade da dose. Evidentemente, este tipo de estratégia acarretaria num maior custo de maquinário e de mão-de-obra; contudo, este aumento de custos poderia ser coberto pela economia de herbicida alcançada. Cada caso deve ser analisado para que seja verificada a potencialidade de redução de herbicidas. Conforme relatado na revisão bibliográfica, Williams et al. (1998) utilizaram esta estratégia, obtendo reduções bastante significantes. Além disso, os autores verificaram que no ano posterior, as áreas que receberam metade da dose não apresentaram aumento na densidade de infestação.

Com relação à bordadura de segurança, pode-se dizer que é necessária não só para evitar as falhas de controle devidas ao tempo de atualização da informação de posicionamento, como também para evitar as falhas resultantes do erro de posicionamento do DGPS e do tempo de resposta do equipamento, embora este último não tenha sido um fator importante neste trabalho. Outra função da bordadura é prevenir falhas de controle devidas ao crescimento das infestações ao redor das manchas, o que pode ocorrer em situações onde o mapeamento e o controle são efetuados com grande intervalo de tempo.

Algumas considerações devem também ser feitas com relação ao programa desenvolvido. A metodologia empregada em seu desenvolvimento se mostrou eficiente e pode ser utilizada em outros estudos envolvendo a aplicação de defensivos em razões variáveis. Da mesma forma como a cor azul foi designada para demarcar no plano gráfico regiões onde a pulverização deveria ocorrer, outras cores poderiam ser empregadas para demarcar áreas com diferentes infestações e, conseqüentemente, diferentes dosagens. Além disso, seguindo-se a mesma metodologia empregada nesta versão, o programa poderia ser implementado para controlar um número maior de seções de barra, podendo aumentar ainda mais a resolução espacial do pulverizador.

5 CONCLUSÕES

Um pulverizador convencional foi adaptado com válvulas solenóides e o controle da pulverização efetuado de forma automática, via um computador portátil, sem a intervenção do operador. O uso das válvulas solenóides permitiu rápida resposta do equipamento quando a pulverização foi solicitada.

A metodologia empregada no desenvolvimento do programa computacional para o controle das seções do pulverizador mostrou-se eficaz.

A metodologia empregada no mapeamento das plantas daninhas mostrou-se eficiente e foi favorecida pelo alto padrão de agregação e reduzido número de espécies encontradas.

Os resultados do teste do sistema numa situação real de controle de plantas daninhas mostraram que o mesmo foi capaz de promover a aplicação localizada de herbicida em dose fixa, nas manchas de infestação mapeadas.

Os resultados mostraram que o sistema proposto permitiu uma redução do uso do herbicida.

O controle independente das seções de barra funcionou como o esperado e permitiu maior redução de herbicida.

ANEXOS

ANEXO A

Listagem do arquivo de prescrição hipotético (Formato Mid-Tech).

AGNAVIGATOR ARXFILE VERSION 1.0	(Eliminada)
Field Gramado; 01 Farm: Testes Client: Julio	(Eliminada)
Field S 22 42 48, W 47 37 43	(Eliminada)
Field	(Eliminada)
Instruct	(Eliminada)
DataStart	(Eliminada)
UTMZone 23	(Eliminada)
Products Herbicida	(Eliminada)
Units 4	(Eliminada)
Region 1	
Target 1 1.0	
Target	
85	
229973.66 -2514178.38	
229974.24 -2514176.79	
229974.73 -2514175.48	
229975.31 -2514174.07	
229976.24 -2514172.75	
229976.90 -2514171.07	
229977.83 -2514169.65	
229979.01 -2514166.58	
229980.16 -2514164.25	
229982.23 -2514159.85	
229983.95 -2514155.52	
229985.42 -2514151.83	
229986.79 -2514148.22	
229988.20 -2514144.88	
229989.81 -2514141.09	
229990.30 -2514139.47	
229990.95 -2514137.89	
229991.65 -2514136.32	
229992.83 -2514135.10	
229994.28 -2514134.43	
229995.77 -2514134.24	
229997.50 -2514134.63	
230000.79 -2514135.66	
230002.44 -2514136.13	
230004.19 -2514136.81	
230005.83 -2514137.41	
230007.62 -2514138.09	
230009.20 -2514138.84	
230010.79 -2514139.80	
230011.90 -2514141.03	
230012.93 -2514142.52	
230013.31 -2514144.43	
230013.29 -2514146.47	
230012.96 -2514148.40	

230012.68 -2514150.32
230012.31 -2514152.22
230011.93 -2514154.21
230011.49 -2514156.12
230011.08 -2514158.07
230010.74 -2514160.05
230010.20 -2514161.93
230009.96 -2514164.10
230009.50 -2514166.08
230009.09 -2514168.09
230008.63 -2514169.97
230008.39 -2514172.07
230007.81 -2514175.33
230007.49 -2514177.16
230006.99 -2514179.97
230006.48 -2514182.21
230005.86 -2514184.94
230005.22 -2514187.76
230004.83 -2514189.68
230004.35 -2514191.62
230003.98 -2514193.59
230003.44 -2514195.73
230003.18 -2514197.69
230002.86 -2514199.57
230002.34 -2514201.60
230001.01 -2514205.45
230000.24 -2514208.82
229999.11 -2514212.96
229998.59 -2514214.96
229997.53 -2514216.83
229996.13 -2514218.39
229993.77 -2514219.72
229989.97 -2514220.30
229978.96 -2514217.41
229973.20 -2514214.69
229968.85 -2514211.17
229966.39 -2514207.11
229965.38 -2514203.53
229965.79 -2514199.93
229966.13 -2514198.10
229966.83 -2514196.51
229967.39 -2514194.94
229967.88 -2514193.44
229968.52 -2514191.96
229969.05 -2514190.51
229969.58 -2514189.05
229970.07 -2514187.66
229970.55 -2514186.31
229971.06 -2514185.02
229971.75 -2514182.70
229972.83 -2514179.98

Region 1

Target 1 2.0

Target

11
229988.10 -2514170.72
229992.84 -2514172.44
229997.49 -2514174.07
229995.76 -2514178.71
229994.33 -2514183.34
229992.60 -2514188.26
229987.80 -2514186.47
229983.07 -2514184.77
229984.73 -2514180.12
229986.38 -2514175.28
229988.02 -2514170.73
DataEnd

ANEXO B

Listagem do arquivo de registro, contendo as coordenadas dos locais onde houve acionamento das válvulas.

A = Ambas as Válvulas

D = Válvula Direita

E = Válvula Esquerda

LATITUDE, LONGITUDE, VÁLVULA

2236.49576	4738.10722	A	2236.55619	4738.12463	A	2236.63051	4738.14058	E
2236.49699	4738.10755	A	2236.55681	4738.12476	A	2236.59110	4738.12758	E
2236.49815	4738.10789	A	2236.55802	4738.12509	A	2236.58980	4738.12718	A
2236.49872	4738.10807	A	2236.55862	4738.12524	A	2236.58855	4738.12688	A
2236.49991	4738.10831	A	2236.55990	4738.12567	D	2236.58734	4738.12665	A
2236.50108	4738.10859	A	2236.58462	4738.13135	E	2236.58615	4738.12643	A
2236.50166	4738.10874	A	2236.58648	4738.13173	E	2236.58433	4738.12612	D
2236.50280	4738.10914	A	2236.58823	4738.13211	E	2236.51832	4738.10725	E
2236.50341	4738.10928	A	2236.62857	4738.14436	E	2236.51771	4738.10716	E
2236.50420	4738.10945	A	2236.62921	4738.14454	E	2236.51655	4738.10686	E
2236.50518	4738.10971	A	2236.62974	4738.14475	E	2236.51597	4738.10668	E
2236.50636	4738.10999	A	2236.63037	4738.14493	E	2236.51510	4738.10654	A
2236.50696	4738.11012	A	2236.63094	4738.14516	E	2236.51422	4738.10631	A
2236.50820	4738.11035	A	2236.63151	4738.14538	E	2236.51302	4738.10604	A
2236.50878	4738.11055	A	2236.63204	4738.14562	E	2236.51184	4738.10581	A
2236.50951	4738.11086	A	2236.63261	4738.14583	A	2236.51057	4738.10563	A
2236.51053	4738.11114	A	2236.63323	4738.14605	A	2236.50937	4738.10545	A
2236.51114	4738.11125	A	2236.63378	4738.14626	A	2236.50874	4738.10535	A
2236.51172	4738.11145	A	2236.63437	4738.14647	A	2236.50757	4738.10502	E
2236.51293	4738.11178	A	2236.63492	4738.14659	A	2236.50700	4738.10489	E
2236.51349	4738.11189	A	2236.63548	4738.14684	A	2236.50609	4738.10468	E
2236.51465	4738.11220	A	2236.63605	4738.14711	A	2236.50521	4738.10451	E
2236.51520	4738.11246	A	2236.63661	4738.14733	A	2236.50460	4738.10441	E
2236.51581	4738.11258	A	2236.63721	4738.14761	A	2236.50402	4738.10426	E
2236.51637	4738.11279	A	2236.63779	4738.14779	A	2236.50286	4738.10389	D
2236.51757	4738.11312	A	2236.63832	4738.14805	A	2236.50167	4738.10364	D
2236.54096	4738.12040	D	2236.64556	4738.14590	D	2236.50110	4738.10346	D
2236.54216	4738.12073	D	2236.64441	4738.14535	D	2236.50045	4738.10337	A
2236.54327	4738.12107	D	2236.64329	4738.14486	D	2236.49992	4738.10315	A
2236.54387	4738.12129	D	2236.64274	4738.14466	D	2236.49872	4738.10287	A
2236.54445	4738.12156	D	2236.64164	4738.14411	A	2236.49752	4738.10252	A
2236.54504	4738.12172	A	2236.64104	4738.14388	A	2236.49691	4738.10237	A
2236.54555	4738.12191	A	2236.64048	4738.14365	A	2236.49635	4738.10219	A
2236.54646	4738.12214	A	2236.63990	4738.14341	A	2236.49575	4738.10201	A
2236.54738	4738.12228	A	2236.63875	4738.14302	A	2236.49520	4738.10180	A
2236.54800	4738.12242	A	2236.63755	4738.14263	A	2236.49431	4738.10151	A
2236.54859	4738.12260	A	2236.63697	4738.14245	A	2236.49340	4738.10130	A
2236.54917	4738.12276	A	2236.63642	4738.14220	A	2236.49282	4738.10116	A
2236.55036	4738.12310	A	2236.63526	4738.14186	A	2236.49158	4738.10095	A
2236.55155	4738.12338	A	2236.63464	4738.14171	A	2236.49049	4738.10075	A
2236.55213	4738.12355	A	2236.63349	4738.14144	A	2236.48916	4738.10061	D
2236.55330	4738.12375	A	2236.63290	4738.14122	A	2236.48822	4738.10050	D
2236.55447	4738.12410	A	2236.63231	4738.14106	A	2236.48728	4738.10043	D
2236.55563	4738.12440	A	2236.63169	4738.14090	A	2236.48621	4738.09533	E

2236.48717	4738.09532	A	2236.64239	4738.13886	A	2236.62461	4738.12576	D
2236.48829	4738.09545	A	2236.64295	4738.13913	A	2236.62345	4738.12528	E
2236.48936	4738.09596	A	2236.64349	4738.13938	A	2236.62286	4738.12503	E
2236.48995	4738.09612	A	2236.64405	4738.13961	A	2236.62230	4738.12484	E
2236.49053	4738.09631	A	2236.64463	4738.13986	A	2236.62176	4738.12466	E
2236.49114	4738.09657	A	2236.64520	4738.14011	A	2236.62118	4738.12441	E
2236.49171	4738.09679	A	2236.64581	4738.14033	A	2236.62058	4738.12420	E
2236.49231	4738.09698	A	2236.64639	4738.14057	A	2236.61919	4738.12375	E
2236.49346	4738.09730	A	2236.64699	4738.14076	A	2236.61833	4738.12340	E
2236.49401	4738.09749	A	2236.64756	4738.14101	A	2236.61748	4738.12305	E
2236.49460	4738.09769	A	2236.64815	4738.14132	A	2236.50975	4738.09507	E
2236.49521	4738.09789	A	2236.64879	4738.14192	E	2236.50916	4738.09489	E
2236.49581	4738.09816	A	2236.65265	4738.14291	E	2236.50862	4738.09468	A
2236.49634	4738.09843	A	2236.65361	4738.14215	E	2236.50750	4738.09433	A
2236.49753	4738.09873	A	2236.65387	4738.14151	E	2236.50692	4738.09418	A
2236.49819	4738.09890	A	2236.65428	4738.13968	E	2236.50642	4738.09391	A
2236.49932	4738.09915	A	2236.65403	4738.13804	E	2236.50584	4738.09377	A
2236.50040	4738.09949	A	2236.65374	4738.13771	E	2236.50531	4738.09357	A
2236.50165	4738.09967	A	2236.65330	4738.13737	A	2236.50474	4738.09340	A
2236.50224	4738.09980	A	2236.65269	4738.13706	A	2236.50419	4738.09317	A
2236.50346	4738.10003	A	2236.65214	4738.13676	A	2236.50298	4738.09292	A
2236.50458	4738.10025	A	2236.65160	4738.13648	A	2236.50239	4738.09269	A
2236.50600	4738.10033	A	2236.65107	4738.13614	A	2236.50182	4738.09253	A
2236.58723	4738.12023	D	2236.65050	4738.13582	A	2236.50067	4738.09226	A
2236.58844	4738.12040	D	2236.64994	4738.13553	A	2236.50010	4738.09206	A
2236.58961	4738.12078	D	2236.64939	4738.13524	A	2236.49897	4738.09176	A
2236.59019	4738.12093	D	2236.64882	4738.13498	A	2236.49837	4738.09154	A
2236.59136	4738.12125	D	2236.64826	4738.13468	A	2236.49776	4738.09142	A
2236.59190	4738.12135	D	2236.64711	4738.13421	A	2236.49662	4738.09105	A
2236.61467	4738.12827	E	2236.64653	4738.13398	A	2236.49603	4738.09087	A
2236.61531	4738.12850	E	2236.64597	4738.13371	A	2236.49547	4738.09065	A
2236.61584	4738.12864	E	2236.64540	4738.13353	A	2236.49489	4738.09047	A
2236.61645	4738.12881	E	2236.64487	4738.13324	A	2236.49430	4738.09029	A
2236.61728	4738.12909	E	2236.64428	4738.13304	A	2236.49256	4738.08979	A
2236.61816	4738.12947	E	2236.64368	4738.13282	A	2236.49198	4738.08958	A
2236.61878	4738.12964	E	2236.64310	4738.13256	A	2236.49141	4738.08937	A
2236.61997	4738.13005	E	2236.64198	4738.13210	A	2236.49082	4738.08920	A
2236.62090	4738.13030	E	2236.64085	4738.13162	A	2236.49029	4738.08904	A
2236.62861	4738.13334	E	2236.64031	4738.13133	A	2236.48911	4738.08866	A
2236.62978	4738.13386	E	2236.63966	4738.13115	A	2236.48858	4738.08844	A
2236.63035	4738.13402	E	2236.63913	4738.13084	A	2236.48803	4738.08827	A
2236.63088	4738.13436	E	2236.63854	4738.13068	A	2236.48743	4738.08810	A
2236.63149	4738.13457	E	2236.63800	4738.13037	A	2236.48656	4738.08777	A
2236.63202	4738.13482	E	2236.63687	4738.12986	A	2236.48572	4738.08756	A
2236.63264	4738.13500	A	2236.63628	4738.12966	A	2236.48451	4738.08733	A
2236.63322	4738.13528	A	2236.63570	4738.12939	A	2236.48388	4738.08717	A
2236.63374	4738.13553	A	2236.63515	4738.12919	A	2236.48274	4738.08688	A
2236.63431	4738.13576	A	2236.63458	4738.12898	A	2236.48213	4738.08684	D
2236.63492	4738.13593	A	2236.63394	4738.12886	A	2236.48017	4738.08117	E
2236.63549	4738.13614	A	2236.63279	4738.12845	A	2236.48133	4738.08127	A
2236.63605	4738.13638	A	2236.63220	4738.12826	A	2236.48269	4738.08147	A
2236.63663	4738.13660	A	2236.63164	4738.12806	A	2236.48352	4738.08161	A
2236.63720	4738.13681	A	2236.63098	4738.12792	A	2236.48529	4738.08193	A
2236.63781	4738.13709	A	2236.63039	4738.12771	A	2236.48589	4738.08212	A
2236.63839	4738.13722	A	2236.62961	4738.12748	A	2236.48701	4738.08233	A
2236.63899	4738.13748	A	2236.62863	4738.12726	D	2236.48821	4738.08265	A
2236.63951	4738.13772	A	2236.62746	4738.12684	D	2236.48879	4738.08278	A
2236.64011	4738.13792	A	2236.62688	4738.12658	D	2236.48936	4738.08291	A
2236.64065	4738.13820	A	2236.62632	4738.12640	D	2236.49056	4738.08314	A
2236.64154	4738.13850	A	2236.62519	4738.12599	D	2236.49171	4738.08342	A

2236.49227	4738.08363	A	2236.63384	4738.12220	A	2236.64479	4738.11919	A
2236.49343	4738.08394	A	2236.63441	4738.12238	A	2236.64420	4738.11896	A
2236.49402	4738.08409	A	2236.63556	4738.12270	A	2236.64363	4738.11873	A
2236.49460	4738.08429	A	2236.63619	4738.12288	A	2236.64311	4738.11848	A
2236.49516	4738.08446	A	2236.63729	4738.12318	A	2236.64255	4738.11825	A
2236.49576	4738.08467	A	2236.63788	4738.12329	A	2236.64198	4738.11799	A
2236.49660	4738.08499	A	2236.63842	4738.12354	A	2236.64141	4738.11775	A
2236.49747	4738.08521	A	2236.63952	4738.12402	A	2236.64026	4738.11733	A
2236.49805	4738.08535	A	2236.64012	4738.12424	A	2236.63972	4738.11710	A
2236.49924	4738.08575	A	2236.64068	4738.12453	A	2236.63826	4738.11645	A
2236.50042	4738.08626	A	2236.64126	4738.12473	A	2236.63695	4738.11602	A
2236.50156	4738.08650	A	2236.64178	4738.12497	A	2236.63577	4738.11562	A
2236.50215	4738.08664	A	2236.64237	4738.12522	A	2236.63518	4738.11544	A
2236.50334	4738.08690	A	2236.64292	4738.12545	A	2236.63462	4738.11529	A
2236.50453	4738.08709	D	2236.64347	4738.12571	A	2236.63404	4738.11509	A
2236.50624	4738.08734	D	2236.64402	4738.12595	A	2236.63351	4738.11491	A
2236.51046	4738.08838	E	2236.64456	4738.12621	A	2236.63233	4738.11466	A
2236.51108	4738.08852	E	2236.64516	4738.12641	A	2236.63175	4738.11448	A
2236.51163	4738.08872	E	2236.64570	4738.12665	A	2236.63053	4738.11422	A
2236.51282	4738.08900	E	2236.64622	4738.12692	A	2236.62936	4738.11394	A
2236.51343	4738.08911	E	2236.64678	4738.12720	A	2236.62878	4738.11380	A
2236.51458	4738.08936	E	2236.64730	4738.12747	A	2236.62763	4738.11349	A
2236.51579	4738.08953	E	2236.64782	4738.12775	A	2236.62644	4738.11316	A
2236.52746	4738.09208	A	2236.64836	4738.12803	A	2236.62532	4738.11282	A
2236.52862	4738.09232	A	2236.64892	4738.12833	A	2236.62472	4738.11264	A
2236.52980	4738.09263	A	2236.64948	4738.12856	A	2236.62415	4738.11246	A
2236.53041	4738.09272	A	2236.65053	4738.12903	A	2236.62329	4738.11207	A
2236.53154	4738.09296	D	2236.65161	4738.12953	A	2236.62244	4738.11178	A
2236.61083	4738.11282	E	2236.65216	4738.12974	A	2236.62185	4738.11158	A
2236.61201	4738.11312	E	2236.65269	4738.13002	A	2236.62132	4738.11120	A
2236.61313	4738.11346	E	2236.65323	4738.13024	A	2236.62022	4738.11083	A
2236.61377	4738.11364	E	2236.65378	4738.13053	A	2236.61962	4738.11056	A
2236.61428	4738.11393	E	2236.65434	4738.13082	A	2236.61910	4738.11033	A
2236.61489	4738.11410	E	2236.65489	4738.13113	A	2236.61858	4738.11009	A
2236.61599	4738.11462	A	2236.65543	4738.13150	A	2236.61801	4738.10984	A
2236.61652	4738.11486	A	2236.65596	4738.13178	A	2236.61741	4738.10958	A
2236.61766	4738.11524	A	2236.65651	4738.13208	D	2236.61644	4738.10936	A
2236.61826	4738.11541	A	2236.65708	4738.13238	D	2236.61549	4738.10896	A
2236.61907	4738.11573	A	2236.65762	4738.13270	D	2236.61445	4738.10848	A
2236.61997	4738.11605	A	2236.65890	4738.12682	E	2236.61348	4738.10809	A
2236.62053	4738.11628	A	2236.65781	4738.12622	E	2236.61291	4738.10789	A
2236.62109	4738.11652	A	2236.65727	4738.12592	E	2236.61230	4738.10769	A
2236.62159	4738.11681	A	2236.65672	4738.12560	E	2236.61172	4738.10747	A
2236.62211	4738.11707	A	2236.65625	4738.12523	A	2236.61116	4738.10724	A
2236.62270	4738.11733	A	2236.65568	4738.12495	A	2236.61056	4738.10702	A
2236.62332	4738.11757	A	2236.65514	4738.12460	A	2236.61001	4738.10682	A
2236.62387	4738.11782	A	2236.65407	4738.12399	A	2236.60943	4738.10656	A
2236.62438	4738.11808	A	2236.65351	4738.12365	A	2236.60890	4738.10630	D
2236.62492	4738.11839	A	2236.65299	4738.12332	A	2236.53247	4738.08799	E
2236.62545	4738.11868	A	2236.65243	4738.12303	A	2236.53133	4738.08777	E
2236.62659	4738.11915	A	2236.65192	4738.12270	A	2236.52980	4738.08762	E
2236.62775	4738.11979	A	2236.65138	4738.12235	A	2236.52821	4738.08730	E
2236.62933	4738.12030	A	2236.65032	4738.12175	A	2236.51793	4738.08443	E
2236.62992	4738.12047	A	2236.64978	4738.12151	A	2236.51734	4738.08423	E
2236.63053	4738.12079	A	2236.64923	4738.12119	A	2236.51617	4738.08398	E
2236.63098	4738.12109	A	2236.64865	4738.12090	A	2236.51497	4738.08366	E
2236.63156	4738.12131	A	2236.64643	4738.11993	A	2236.51435	4738.08356	E
2236.63215	4738.12150	A	2236.64766	4738.12051	A	2236.51292	4738.08332	E
2236.63274	4738.12173	A	2236.64590	4738.11966	A	2236.51165	4738.08316	E
2236.63329	4738.12193	A	2236.64537	4738.11943	A	2236.50496	4738.08109	A

2236.50389	4738.08077	A	2236.56230	4738.08599	E	2236.64075	4738.11110	A
2236.50330	4738.08061	A	2236.56344	4738.08622	E	2236.64132	4738.11139	A
2236.50272	4738.08041	A	2236.56461	4738.08647	E	2236.64189	4738.11158	A
2236.50216	4738.08022	A	2236.56639	4738.08696	E	2236.64272	4738.11199	A
2236.50097	4738.07985	D	2236.56843	4738.08762	E	2236.64353	4738.11241	A
2236.50041	4738.07972	D	2236.59187	4738.09384	E	2236.64410	4738.11265	A
2236.49983	4738.07954	D	2236.59244	4738.09402	E	2236.64463	4738.11290	A
2236.49925	4738.07933	D	2236.59304	4738.09414	E	2236.64518	4738.11316	A
2236.49864	4738.07917	D	2236.59362	4738.09435	E	2236.64574	4738.11336	A
2236.49514	4738.07818	E	2236.59478	4738.09470	E	2236.64627	4738.11363	A
2236.49457	4738.07795	E	2236.59592	4738.09511	E	2236.64680	4738.11390	A
2236.49401	4738.07777	E	2236.59648	4738.09525	E	2236.64736	4738.11411	A
2236.49352	4738.07758	E	2236.59760	4738.09556	E	2236.64791	4738.11437	A
2236.49294	4738.07739	E	2236.59821	4738.09568	E	2236.64848	4738.11456	A
2236.49241	4738.07720	E	2236.59938	4738.09606	E	2236.64905	4738.11477	A
2236.49126	4738.07686	A	2236.60055	4738.09638	E	2236.64955	4738.11502	A
2236.49068	4738.07667	A	2236.60168	4738.09678	E	2236.65012	4738.11518	A
2236.49010	4738.07646	A	2236.60285	4738.09725	E	2236.65093	4738.11557	A
2236.48953	4738.07632	A	2236.61074	4738.10009	E	2236.65204	4738.11597	A
2236.48780	4738.07583	A	2236.61189	4738.10049	E	2236.65290	4738.11647	D
2236.48664	4738.07553	A	2236.61250	4738.10068	A	2236.65342	4738.11676	D
2236.48603	4738.07531	A	2236.61307	4738.10090	A	2236.65398	4738.11702	D
2236.48546	4738.07517	A	2236.61365	4738.10105	A	2236.65452	4738.11728	D
2236.48487	4738.07502	A	2236.61481	4738.10144	A	2236.65509	4738.11757	D
2236.48370	4738.07466	A	2236.61590	4738.10189	A	2236.65564	4738.11789	D
2236.48311	4738.07447	A	2236.61705	4738.10231	A	2236.65615	4738.11815	D
2236.48252	4738.07431	A	2236.61764	4738.10255	A	2236.65669	4738.11852	D
2236.48133	4738.07400	A	2236.61875	4738.10289	A	2236.65724	4738.11884	D
2236.48017	4738.07364	A	2236.61989	4738.10330	A	2236.65243	4738.10911	A
2236.48225	4738.06874	D	2236.62044	4738.10350	A	2236.65187	4738.10887	A
2236.48346	4738.06913	D	2236.62103	4738.10372	A	2236.65129	4738.10862	A
2236.48461	4738.06950	D	2236.62166	4738.10389	A	2236.65072	4738.10835	A
2236.48571	4738.06992	D	2236.62220	4738.10414	A	2236.65013	4738.10806	A
2236.48685	4738.07024	D	2236.62279	4738.10434	A	2236.64958	4738.10779	A
2236.48745	4738.07039	D	2236.62328	4738.10457	A	2236.64900	4738.10753	A
2236.48840	4738.07066	D	2236.62387	4738.10487	A	2236.64845	4738.10723	A
2236.49413	4738.07193	D	2236.62445	4738.10513	A	2236.64766	4738.10681	A
2236.49515	4738.07223	A	2236.62501	4738.10528	A	2236.64682	4738.10645	A
2236.49629	4738.07246	A	2236.62552	4738.10547	A	2236.64627	4738.10624	A
2236.49746	4738.07277	A	2236.62614	4738.10569	A	2236.64577	4738.10590	A
2236.49807	4738.07292	A	2236.62669	4738.10580	A	2236.64517	4738.10563	A
2236.49863	4738.07314	A	2236.62727	4738.10603	A	2236.64461	4738.10529	A
2236.49921	4738.07328	A	2236.62823	4738.10641	A	2236.64403	4738.10504	A
2236.49978	4738.07348	A	2236.62919	4738.10665	A	2236.64292	4738.10453	A
2236.50058	4738.07376	A	2236.63013	4738.10688	A	2236.64235	4738.10424	A
2236.50157	4738.07398	A	2236.63071	4738.10707	A	2236.64178	4738.10398	A
2236.50212	4738.07414	A	2236.63121	4738.10737	A	2236.64126	4738.10374	A
2236.50328	4738.07449	A	2236.63244	4738.10773	A	2236.64067	4738.10354	A
2236.50383	4738.07469	A	2236.63295	4738.10794	A	2236.63986	4738.10331	A
2236.50464	4738.07488	A	2236.63351	4738.10812	A	2236.63895	4738.10293	A
2236.50563	4738.07501	A	2236.63405	4738.10832	A	2236.63782	4738.10257	A
2236.50683	4738.07530	A	2236.63465	4738.10853	A	2236.63721	4738.10238	A
2236.50742	4738.07546	A	2236.63575	4738.10901	A	2236.63664	4738.10216	A
2236.50855	4738.07579	A	2236.63633	4738.10923	A	2236.63608	4738.10198	A
2236.50921	4738.07593	A	2236.63690	4738.10944	A	2236.63551	4738.10175	A
2236.51037	4738.07619	A	2236.63747	4738.10965	A	2236.63495	4738.10159	A
2236.54695	4738.08320	A	2236.63803	4738.10988	A	2236.63435	4738.10143	A
2236.54876	4738.08352	A	2236.63857	4738.11014	A	2236.63378	4738.10120	A
2236.55110	4738.08398	A	2236.63967	4738.11065	A	2236.63293	4738.10092	A
2236.55231	4738.08419	E	2236.64023	4738.11089	A	2236.63209	4738.10064	A

2236.63095	4738.10022	A	2236.56607	4738.08159	A	2236.47246	4738.05905	A
2236.63037	4738.10000	A	2236.56553	4738.08147	A	2236.47186	4738.05898	D
2236.62979	4738.09979	A	2236.56437	4738.08125	A	2236.47125	4738.05876	D
2236.62920	4738.09968	A	2236.56317	4738.08085	A	2236.46835	4738.05245	E
2236.62805	4738.09935	A	2236.56195	4738.08073	A	2236.46896	4738.05263	A
2236.62686	4738.09892	A	2236.56077	4738.08049	D	2236.47015	4738.05295	A
2236.62625	4738.09876	A	2236.55608	4738.07937	D	2236.47073	4738.05319	A
2236.62575	4738.09850	A	2236.55495	4738.07917	D	2236.47130	4738.05336	A
2236.62517	4738.09834	A	2236.55409	4738.07910	A	2236.47190	4738.05351	A
2236.62459	4738.09807	A	2236.55313	4738.07882	A	2236.47305	4738.05376	A
2236.62398	4738.09787	A	2236.55255	4738.07869	A	2236.47425	4738.05406	A
2236.62292	4738.09741	A	2236.55195	4738.07855	D	2236.47487	4738.05417	A
2236.62229	4738.09726	A	2236.55075	4738.07838	D	2236.47603	4738.05447	A
2236.62172	4738.09702	A	2236.54963	4738.07811	D	2236.47717	4738.05497	A
2236.62120	4738.09683	A	2236.54904	4738.07801	D	2236.47838	4738.05510	D
2236.62009	4738.09649	A	2236.54850	4738.07785	D	2236.47893	4738.05525	D
2236.61888	4738.09614	A	2236.54730	4738.07758	D	2236.48015	4738.05550	D
2236.61833	4738.09597	A	2236.53036	4738.07353	D	2236.49949	4738.06043	D
2236.61773	4738.09578	A	2236.52918	4738.07327	D	2236.50090	4738.06078	A
2236.61657	4738.09542	A	2236.52856	4738.07315	D	2236.50217	4738.06118	A
2236.61597	4738.09529	A	2236.52735	4738.07288	D	2236.50359	4738.06137	A
2236.61538	4738.09505	A	2236.52619	4738.07272	A	2236.50422	4738.06150	A
2236.61485	4738.09479	A	2236.52441	4738.07236	A	2236.50538	4738.06177	A
2236.61424	4738.09460	A	2236.52324	4738.07218	A	2236.50596	4738.06191	A
2236.61370	4738.09436	A	2236.52206	4738.07192	A	2236.50716	4738.06218	A
2236.61312	4738.09419	A	2236.52146	4738.07182	A	2236.50830	4738.06249	A
2236.61255	4738.09390	A	2236.52027	4738.07155	A	2236.50953	4738.06283	A
2236.61198	4738.09376	A	2236.51910	4738.07131	A	2236.51006	4738.06304	A
2236.61145	4738.09346	A	2236.51790	4738.07097	A	2236.51121	4738.06329	A
2236.61023	4738.09311	A	2236.51732	4738.07084	A	2236.51249	4738.06353	A
2236.60916	4738.09278	A	2236.51523	4738.07058	A	2236.51364	4738.06391	A
2236.60857	4738.09257	A	2236.51383	4738.07000	A	2236.51476	4738.06420	A
2236.60800	4738.09243	A	2236.51268	4738.06968	A	2236.51538	4738.06435	A
2236.60686	4738.09195	A	2236.51209	4738.06954	A	2236.51714	4738.06479	A
2236.60629	4738.09174	A	2236.51151	4738.06936	A	2236.51834	4738.06506	A
2236.60571	4738.09154	A	2236.51035	4738.06904	A	2236.51949	4738.06534	A
2236.60512	4738.09133	A	2236.50974	4738.06885	A	2236.52064	4738.06557	A
2236.60456	4738.09110	A	2236.50857	4738.06857	A	2236.52184	4738.06577	A
2236.60400	4738.09087	A	2236.50800	4738.06836	A	2236.52368	4738.06594	A
2236.60287	4738.09045	A	2236.50743	4738.06828	A	2236.52503	4738.06628	A
2236.60231	4738.09026	A	2236.50627	4738.06787	A	2236.52664	4738.06641	A
2236.60174	4738.09002	A	2236.50569	4738.06778	A	2236.52788	4738.06667	A
2236.60118	4738.08984	A	2236.50453	4738.06742	A	2236.52906	4738.06694	A
2236.60058	4738.08961	A	2236.50394	4738.06721	A	2236.53086	4738.06712	A
2236.60000	4738.08933	A	2236.50336	4738.06710	A	2236.53262	4738.06741	A
2236.59891	4738.08894	A	2236.50280	4738.06691	A	2236.53442	4738.06780	A
2236.59835	4738.08886	A	2236.50154	4738.06660	A	2236.53621	4738.06807	A
2236.59703	4738.08857	A	2236.50045	4738.06622	A	2236.53918	4738.06849	D
2236.59651	4738.08837	A	2236.49926	4738.06601	A	2236.54623	4738.06986	A
2236.59542	4738.08794	E	2236.49866	4738.06585	A	2236.54737	4738.07015	A
2236.57782	4738.08412	D	2236.49749	4738.06559	A	2236.54862	4738.07036	A
2236.57669	4738.08372	A	2236.49691	4738.06540	A	2236.54979	4738.07064	A
2236.57550	4738.08349	A	2236.49574	4738.06501	A	2236.55083	4738.07090	A
2236.57437	4738.08317	A	2236.49517	4738.06484	D	2236.55215	4738.07116	A
2236.57314	4738.08299	A	2236.47833	4738.06052	A	2236.55268	4738.07129	A
2236.57255	4738.08283	A	2236.47716	4738.06025	A	2236.55331	4738.07144	A
2236.57136	4738.08260	A	2236.47602	4738.05998	A	2236.55451	4738.07172	A
2236.57023	4738.08237	A	2236.47541	4738.05980	A	2236.55563	4738.07203	A
2236.56844	4738.08210	A	2236.47485	4738.05963	A	2236.55624	4738.07213	D
2236.56726	4738.08183	A	2236.47366	4738.05938	A	2236.55680	4738.07232	D

2236.56499	4738.07424	E	2236.63426	4738.09482	D	2236.55476	4738.06768	E
2236.56559	4738.07438	E	2236.63486	4738.09499	D	2236.55359	4738.06745	E
2236.56734	4738.07484	A	2236.63996	4738.09674	D	2236.55237	4738.06720	E
2236.56794	4738.07503	A	2236.64050	4738.09697	D	2236.55176	4738.06705	E
2236.56912	4738.07531	A	2236.64107	4738.09720	D	2236.55035	4738.06691	E
2236.56970	4738.07544	A	2236.64164	4738.09742	D	2236.54883	4738.06665	E
2236.57089	4738.07572	A	2236.64221	4738.09769	D	2236.54748	4738.06652	E
2236.57202	4738.07600	A	2236.64276	4738.09792	D	2236.54035	4738.06563	E
2236.57312	4738.07639	A	2236.64331	4738.09819	D	2236.53801	4738.06533	E
2236.57435	4738.07659	A	2236.64390	4738.09846	D	2236.53505	4738.06485	E
2236.57489	4738.07679	A	2236.64443	4738.09877	A	2236.53263	4738.06463	E
2236.57605	4738.07707	A	2236.64658	4738.09985	A	2236.53023	4738.06436	E
2236.57668	4738.07721	A	2236.64712	4738.10013	A	2236.52783	4738.06407	E
2236.57783	4738.07756	A	2236.64761	4738.10043	A	2236.52606	4738.06381	E
2236.57836	4738.07773	A	2236.64818	4738.10075	A	2236.52425	4738.06343	E
2236.57957	4738.07801	A	2236.64872	4738.10098	A	2236.52307	4738.06323	E
2236.58017	4738.07810	E	2236.64923	4738.10120	A	2236.52187	4738.06296	E
2236.58130	4738.07831	E	2236.64969	4738.10149	A	2236.52129	4738.06279	E
2236.58247	4738.07855	E	2236.65031	4738.10176	A	2236.52008	4738.06252	E
2236.58367	4738.07880	E	2236.65086	4738.10203	A	2236.51834	4738.06215	E
2236.58483	4738.07909	E	2236.65139	4738.10232	A	2236.51777	4738.06200	E
2236.58539	4738.07927	E	2236.65191	4738.10263	D	2236.51717	4738.06185	E
2236.58657	4738.07952	E	2236.65248	4738.10287	D	2236.51660	4738.06165	E
2236.58776	4738.07972	E	2236.65301	4738.10315	D	2236.51543	4738.06143	E
2236.58892	4738.08004	E	2236.65360	4738.10339	D	2236.51427	4738.06117	E
2236.58949	4738.08017	E	2236.65418	4738.10372	D	2236.51309	4738.06093	E
2236.59004	4738.08036	E	2236.65524	4738.10429	D	2236.51192	4738.06077	E
2236.59122	4738.08062	E	2236.65579	4738.10453	D	2236.51007	4738.06044	E
2236.61032	4738.08614	D	2236.65634	4738.10478	D	2236.50888	4738.06017	E
2236.61119	4738.08650	D	2236.63136	4738.08860	E	2236.50828	4738.06002	E
2236.61209	4738.08664	D	2236.63019	4738.08830	E	2236.50769	4738.05983	E
2236.61259	4738.08696	D	2236.62902	4738.08798	E	2236.50709	4738.05963	E
2236.61320	4738.08717	D	2236.62782	4738.08773	E	2236.50650	4738.05945	E
2236.61378	4738.08738	D	2236.62680	4738.08746	E	2236.50531	4738.05906	A
2236.61509	4738.08794	D	2236.59685	4738.07546	D	2236.50408	4738.05879	A
2236.61603	4738.08836	D	2236.59574	4738.07504	D	2236.50299	4738.05843	A
2236.61660	4738.08853	D	2236.59452	4738.07471	A	2236.50241	4738.05828	A
2236.61715	4738.08875	D	2236.59394	4738.07454	A	2236.50182	4738.05809	A
2236.61773	4738.08891	D	2236.59337	4738.07440	A	2236.50067	4738.05778	A
2236.61833	4738.08910	D	2236.59217	4738.07415	A	2236.47708	4738.04995	E
2236.61892	4738.08929	D	2236.59098	4738.07391	A	2236.47651	4738.04975	E
2236.62009	4738.08963	D	2236.58961	4738.07384	A	2236.47596	4738.04949	E
2236.62064	4738.08980	D	2236.58858	4738.07365	A	2236.47537	4738.04929	E
2236.62116	4738.08997	D	2236.58746	4738.07334	A	2236.47478	4738.04910	A
2236.62458	4738.09117	E	2236.58688	4738.07309	A	2236.47364	4738.04879	A
2236.62520	4738.09139	A	2236.58629	4738.07292	A	2236.47309	4738.04860	A
2236.62574	4738.09166	A	2236.58509	4738.07276	A	2236.47258	4738.04841	A
2236.62630	4738.09187	A	2236.58392	4738.07255	A	2236.47197	4738.04821	A
2236.62688	4738.09212	A	2236.58278	4738.07227	A	2236.47143	4738.04796	A
2236.62746	4738.09238	A	2236.58100	4738.07192	A	2236.47085	4738.04776	A
2236.62800	4738.09259	A	2236.57918	4738.07164	A	2236.46968	4738.04726	A
2236.62859	4738.09276	D	2236.57742	4738.07142	A	2236.46852	4738.04682	A
2236.62859	4738.09276	E	2236.57562	4738.07116	A	2236.46796	4738.04660	A
2236.62977	4738.09311	D	2236.57322	4738.07084	A	2236.46741	4738.04632	A
2236.63030	4738.09337	D	2236.57141	4738.07068	A	2236.46658	4738.04605	A
2236.63110	4738.09375	D	2236.57024	4738.07040	A	2236.46579	4738.04564	A
2236.63200	4738.09395	D	2236.56903	4738.07013	A	2236.56859	4738.06580	D
2236.63256	4738.09420	D	2236.56843	4738.07005	A	2236.56993	4738.06612	D
2236.63317	4738.09435	D	2236.56668	4738.06971	A	2236.57150	4738.06627	A
2236.63371	4738.09461	D	2236.55593	4738.06790	E	2236.57257	4738.06647	A

2236.57385	4738.06673	A
2236.57508	4738.06690	A
2236.57645	4738.06707	A
2236.57782	4738.06733	A
2236.57914	4738.06750	A
2236.58059	4738.06750	A
2236.58196	4738.06762	A
2236.58298	4738.06775	A
2236.58431	4738.06801	A
2236.58555	4738.06809	A
2236.58674	4738.06826	A
2236.58790	4738.06835	A
2236.58922	4738.06861	A
2236.59041	4738.06886	A
2236.59161	4738.06916	A
2236.59272	4738.06955	A
2236.59375	4738.06984	A
2236.59477	4738.07014	A
2236.59567	4738.07036	A
2236.59648	4738.07061	A
2236.59738	4738.07100	A
2236.59819	4738.07121	A
2236.59900	4738.07151	A

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKROYD, N.; LORIMER, R. **Global navigation:** a GPS user's guide. 2. ed. London: Lloyd's of London Press, 1994. 196p.
- ALGERBO, P.A.; THYLEN, L. Coast guard beacon system. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings.** London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.545-550.
- ALVES, V.C. Desempenho de herbicidas na cultura de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 2001. 92p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- ANTUNIASSI, U.R.; MILLER, P.C.H.; PAICE, M.E.R. Sistemas de injeção para a aplicação localizada de defensivos. In: BALASTREIRE, L.A. (Ed.). **O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil.** Piracicaba: ESALQ, 2000. p.157-164.
- ANTUNIASSI, U.R.; GADANHA JUNIOR., C.D. Aplicação localizada de produtos fitossanitários. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R. do; GOMIDE, R.L. (Ed.). **Agricultura de Precisão.** Viçosa: UFV, 2000. p.181-202.
- BALASTREIRE, L.A. Aplicação Localizada de Insumos – ALI: um velho conceito novo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., Campinas, 1994. **Anais.** Campinas: SBEA, 1994. p.248.

BALASTREIRE, L.A. **Agricultura de precisão**. Piracicaba: L.A. Balastreire, 1998. 81p.

BALASTREIRE, L.A.; BAIO, F.H.R. Avaliação da acurácia de um GPS com correção por algoritmo comparado com um sistema DGPS. /Apresentado como pôster ao III Simpósio sobre Agricultura de Precisão, Piracicaba, 2001a./

BALASTREIRE, L.A.; BAIO, F.H.R. Avaliação de uma metodologia prática para o mapeamento de plantas daninhas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.2, p.349-352, 2001b.

BALASTREIRE, L.A.; BAIO, F.H.R. Avaliação de um sistema para aplicação localizada de defensivos baseado na variabilidade espacial de plantas daninhas. /Apresentado como pôster ao III Simpósio sobre Agricultura de Precisão, Piracicaba, 2001c./

BALASTREIRE, L.A.; ELIAS, A.I.; AMARAL, J.R. do. Agricultura de Precisão: mapeamento da cultura do milho. **Revista Engenharia Rural**, v.8, n.1, p.97-111, 1997.

BILLER, R.H., HOLLSTEIN, C., SOMMER, C. Precision application of herbicides by use of optoelectronic sensors. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.451-457.

BLACKMORE, B.S.; LARSCHIED, G. Strategies for managing variability. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.851-859.

CHRISTENSEN, S.; HEISEL, T.; BENLLOCH, J.V. Patch spraying and rational weed mapping in cereals. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Minneapolis, 1998. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p.773-785.

CLARK, R.L.; MCGUCKIN, R.L. Variable rate application technology: an overview. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1996. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1996. p.855-862.

CLAY, S.A.; LEMS, G.J.; CLAY, D.E.; ELLSBURY, M.M.; FORCELLA, F. Targeting precision agrichemical applications to increase productivity. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Minneapolis, 1998. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p.1699-1718.

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 Survey Techniques. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1996. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1996. p.453-463.

DAMPNEY, P.M.R.; MOORE, M. Precision Agriculture in England: current practice and research-based advice to farmers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Minneapolis, 1998. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p.661-673.

DIAS, A.S. **Desenvolvendo em Borland C++ Builder 5.0**. Rio de Janeiro: Ed. Ciência Moderna, 2000. 193p.

ELLSBURY, M.M.; WOODSON, W.D.; CHANDLER, L.D.; CLAY, S.A.; CLAY, D.E.; MALO, D.; SCHUMACHER, T.; SCHUMACHER, J.; CARLSON, C.G. Spatial characterization of adult emergence patterns and oviposition for corn rootworm populations in continuous and rotated corn. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.227-234.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ". **Normas para elaboração de dissertações e teses**. 2. ed., Piracicaba: ESALQ, 1997. 94 p.

FEYAERTS, F.; POLLET, P.; VAN GOOL, L.; WAMBACQ, P. Sensor for weed detection based on spectral measurements. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Mineapolis, 1998. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p.1537-1548.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO **Agrianual 2001**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2001. 545p.

FRANCIS, D.D.; SCHEPERS, J.S. Selective soil sampling for site-specific nutrient management. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.119-126.

GELMINI, G.A. **Herbicidas**: indicações básicas. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 334p.

GERHARDS, R.; SÖKEFELD, M.; TIMMERMANN, C.; REICHART, S.; KÜHBAUCH, W.; WILLIAMS II, M. M. Results of a four-year study on site-specific herbicide application. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '99, 2., Odense, 1999. **Proceedings**. London: Sheffield Academic Press, 1999. p. 689-697.

GERHARDS, R.; WYSE-PESTER, D.Y.; MORTENSEN, D.A. Spatial stability of weed patches in agricultural fields. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1996. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1996. p.495-504.

GOERING, C.E. Recycling a concept. **Agricultural Engineering**, v.74, p.25, 1993.

GREEN, H.M., VENCILL, W.K., KVIEN, C.K., BOYDELL, B.C., POCKNEE, S. Precision management of spaciality variable weeds. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.983-989.

HAGUE, T.; MARCHANT, J.A.; TILLET, N.D. Ground based sensing systems for autonomous agricultural vehicles. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.25, p.11-28, 2000.

HARTSOCK, N.J.; MUELLER, T.G.; THOMAS, G.W.; BARNHISEL, R.I.; WELLS, K. L.; SHEARER, S.A. Soil electrical conductivity variability. (compact disc). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., Milwaukee, 2000. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 2000.

- HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S. A digital camera system for weed detection. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Minneapolis, 1998. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p.1569-1577.
- HEISEL, T.; ANDREASEN, C.; ERSBOLL, A.K. Annual weed distributions can be mapped with kriging. **Weed Research**, v.36, p.325-337, 1996a.
- HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S.; WALTER, A.M. Weeds managing model for patch spraying in cereal. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1996. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1996b. p.999-1005.
- HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S.; WALTER, A. M. Validation of weed patch spraying in spring barley – preliminary trial. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.879-886.
- HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S.; WALTER, A. M. Whole-field experiments with site-specific weed management. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '99, 2., Odense, 1999. **Proceedings**. London: Sheffield Academic Press, 1999. p.759-768.
- KENNEDY, M. **The Global Positioning System and GIS: an introduction**. Chelsea: Ann Arbor Press, 1996. 268p.
- KOLPIN, D.W.; THURMAN, E.M.; LINHART, S.M. Finding minimal herbicide concentration in ground water? Try looking for their degradates. **The Science of the Total Environmental**, v.248, p.235-247, 2000.
- LANÇAS, K.P.; CASTRO NETO, P.; NAGAOKA, A.K.; GUERRA, S.P.S. Índice de cone e mapas de isocompactação do solo agrícola obtidos com a utilização de um

penetrômetro hidráulico-eletrônico e um sistema de posicionamento global diferencial (DGPS). In: BALASTREIRE, L.A. (Ed.). **O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.113-123.

LIPPERT, R.M.; WOLAK, F.J. Weed mapping and assessment of broadcast vs. spot treatment of sicklepod weeds in soybeans. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '99, 2., Odense, 1999. **Proceedings**. London: Sheffield Academic Press, 1999. p.223-227.

LECHNER, W.; BAUMANN, S. Global navigations satellites systems. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.25, p.67-85, 2000.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas**: plantio direto e convencional. 5. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2000. 339p.

LEICK, A. **GPS satellite surveying**. 2. ed. New York: John Wiley, 1995. 560p.

MACK, G. Precise positioning for agriculture. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.593-602.

MCBRATNEY A.B.; PRINGLE, M.J. Spatial variability in soil – implications for Precision Agriculture. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.3-31.

MORGAN, G.D.; BINNING, L.K.; MACGUIDWIN, A.E. Spatial variability of root lesion nematodes (*Pratylenchus penetrans*) in potatoes. (compact disc). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 5., Milwaukee, 2000. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 2000.

MORTENSEN, D.A.; JOHNSON, G.A.; WYSE, D.Y.; MARTIN, A.R. Managing spatially variable weed populations. In: ANNUAL CONFERENCE OF SITE-SPECIFIC MANAGEMENT FOR AGRICULTURAL SYSTEMS, 2., Minneapolis, 1994. **Proceedings**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1995. p.397-416.

NORDMEYER, H.; DUNKER, M. Variable weed densities and soil properties in a weed mapping concept for patchy weed control. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '99, 2., Odense, 1999. **Proceedings**. London: Sheffield Academic Press, 1999. p.453-462.

NORDMEYER, H.; HÄUSLER, A.; NIEMANN, P. Patchy weed control as an approach in precise farming. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.307-314.

OSTP **Statement by the President regarding the United States' decision to stop degrading Global Positioning System accuracy.**
http://www.ostp.gov/html/0053_2.html. 2000.

PAICE, M.E.R.; MILLER, P.C.H; BODLE, J.D. An experimental sprayer for the selective application of herbicides. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, p.107-116, 1995.

PAICE, M.E.R.; MILLER, P.C.H; DAY, W. Control requirements for spatially selective herbicides sprayers. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.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**, v.36, n.4, p.283-292, 1996.
- SCARR, M.R.; TAYLOR, C.C.; DRYDEN, I.L. Automatic recognition of weeds and crops. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.429-437.
- SCHWARZ, J.; WARTENBERG, G; ACKERMANN, I. Process-engineering investigations for site-specific weed control. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '99, 2., Odense, 1999. **Proceedings**. London: Sheffield Academic Press, 1999. p.699-707.
- SEARCY, S.W. Agricultura de Precisão: um desafio para a extensão e educação continuada. In: BALASTREIRE, L.A. (Ed.). **O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p.17-24.
- SILVA, J.F. **Defensivos agrícolas: utilização, toxicologia e legislação específica**. Brasília: ABEAS, 1983. 161p.
- SILVA JUNIOR, R.L. Variabilidade espacial do índice de cone correlacionada com mapas de produtividade. Piracicaba, 2001. 132p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

- STAFFORD, J.V. Implementing precision agriculture in the 21st. Century. **Journal of Agricultural Research**, v.76, p.267-275, 2001.
- STAFFORD, J.V.; AMBLER, B. In-field location using GPS for spatially variable field operations. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.11, p.23-26, 1994.
- STAFFORD, J.V., BENLLOCH, J.V. Machine-assisted detection of weeds and weed patches. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.511-518.
- STAFFORD, J.V.; LE BARS, J.M.; AMBLER, B. A hand-held data logger with integral GPS for producing weed maps by field walks. **Computers and Electronics 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 Electronics in Agriculture**, v.9, p.217-229, 1993.
- STAFFORD, J.V.; MILLER, P.C.H. Spacitally variable treatment of weed patches. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 3., Minneapolis, 1996. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1996. p.465-474.
- 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.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística aplicada a agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R. do; GOMIDE, R.L. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p.93-108.

- VOLL E. Agricultura de Precisão: Manejo de plantas daninhas. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALE, F.X.R. do; GOMIDE, R.L. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p.203-235.
- VRINDTS, E.; DE BAERDEMAEKER, J. Optical discrimination of crops, weed and soil for on-line weed detection. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.537-510.
- VRINDTS, E.; DE BAERDEMAEKER, J; RAMON, H. Weed detection using canopy reflectance. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '99, 2., Odense, 1999. **Proceedings**. London: Sheffield Academic Press, 1999. p.257-264.
- WALTER, A.M.; HEISEL, T.; CHRISTENSEN, S. Shortcuts in weed mapping. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '97, 1., Warwick, 1997. **Proceedings**. London: BIOS Scientific Publications, 1997. p.777-784.
- WILES, L. J.; SCHWEIZER, E. E. Mapping weed populations: the cost of counting and identifying seedlings and seeds. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Mineapolis, 1998. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p.499-509.

- WILLIAMS II, M.M.; GERHARDS, G.; MORTENSEN, D.A. Spatiotemporal outcomes of site-specific weed management in maize. In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE '99, 2., Odense, 1999. **Proceedings**. London: Sheffield Academic Press, 1999. p.897-907.
- WILLIAMS II, M. M.; GERHARDS, R.; MORTENSEN D. A.; REICHART, S.; MARTIN, A. R. Weed seedling population responses to a method of site-specific weed management. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4., Mineapolis, 1998. **Proceedings**. Madison: ASA; CSSA, SSSA, 1999. p.123-132.
- WILSON, B.J.; BRAIN, P. Long-term stability of distribution of *Alopecurus myosuroides* Huds. within cereal fields. **Weed Research**, v.31, n..6, p.367-373, 1991.