



UFSM

Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE
PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS LÍQUIDOS**

Marcelo Prado Lima da Silva

PPGEA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

Universidade Federal de Santa Maria

Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE
PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS LÍQUIDOS**

Marcelo Prado Lima da Silva

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

Santa Maria, RS, Brasil

2004

AVALIAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS LÍQUIDOS

**Por
Marcelo Prado Lima da Silva**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola,
Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

PPGEA

Santa Maria, RS, Brasil

2004

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE APLICAÇÃO
DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS LÍQUIDOS.**

Elaborada por

Marcelo Prado Lima da Silva

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Fernando Schlosser – Doutor - UFSM
(Presidente/Orientador)

Ricardo Silveiro Balardin – Doutor - UFSM

Walter Boller – Doutor - UPF

Santa Maria, 06 de maio de 2004.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meu saudoso irmão Marco Aurélio Prado Lima da Silva o “Piá” e também a minha querida filha Marcela que eu amo tanto.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela nova oportunidade e pela vida.

A meu Pai que é meu Marco referencial.

A minha Mãe carinhosa e confiante.

A minha companheira Juciéli pela estabilidade emocional alcançada por mim e pelo novo e centralizado projeto de vida.

Ao meu orientador e antes disso amigo Prof. Dr. José Fernando Schlosser, sendo no sentido mais amplo da palavra, um verdadeiro Orientador.

A meus colegas de mestrado Valmir e Dino pelo alto grau de coleguismo.

Ao monitor Eder pela dedicação e empenho prestados.

Aos professores, funcionários e estagiários do NEMA que formam uma excelente equipe de trabalho.

A todos que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ANEXOS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE QUADROS	xv
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA AGRICULTURA MUNDIAL E BRASILEIRA	4
2.2 PRESSUPOSTOS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS	6
2.3 DESEMPENHO OPERACIONAL	9
2.4 DEPOSIÇÃO DE GOTAS.....	11
2.5 DANOS MECÂNICOS	15
2.6 SISTEMAS DE PULVERIZAÇÃO	16
2.6.1 Aviação Agrícola.....	16
2.6.2 Pulverizador de Barras	17
2.6.3 Sistema de Pulverização de Arrasto (SPAR).....	18
2.7 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	19
2.8 MOMENTO DE APLICAÇÃO	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	20
3.1.1 Descrição do Pulverizador de Barras PJ 402	20
3.1.2 Descrição do Avião Agrícola Ipanema EMB 201	21

3.1.3 Descrição e Operação do Sistema de Pulverização de Arrasto Spar Stahar	22
3.1.3.1 Caracterização	22
3.1.3.2 Especificações Técnicas.....	24
3.1.3.3 Peças e Componentes.....	24
3.1.3.4 Acoplamento	27
3.1.3.5 Operação do Equipamento	27
3.2 LOCAIS DAS AVALIAÇÕES	28
3.3 MÉTODOS.....	29
3.3.1 Considerações	29
3.3.2 Métodos para Determinação Capacidade Operacional do Sistema Spar	29
3.3.3 Método para Determinação de Danos Mecânicos do Sistema Spar.....	31
3.3.3.1 Perdas por Amassamento.....	31
3.3.3.2 Danos Mecânicos nas Plantas pelo Sistema de Pulverização de Arrasto.....	32
3.3.4 Métodos para Determinação da Deposição de Gotas.....	33
3.4 DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES EXPERIMENTAIS E ESTATÍSTICAS.....	34
3.4.1 Análise das Perdas por Amassamento do Rodado dos Sistemas Terrestres.....	34
3.4.2 Método Experimental para Análise dos Danos Mecânicos pelo Arrasto da Mangueira de Pulverização do Sistema SPAR sobre as Culturas	35
3.4.3 Método Experimental para Análise da Deposição de Gotas pelos Sistemas.....	35
3.4.4 Método Experimental para Análise do Desempenho Operacional dos três Sistemas de Aplicação	35
3.4.5 Método Experimental para Análise Comparativa dos Sistemas com Aplicação de Fungicida em Soja pelo Rendimento de Grão	35

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1 DESEMPENHO OPERACIONAL	36
5.1.1 Desempenho Operacional dos Três Sistemas	36
5.1.2 Avaliação da Capacidade Operacional do Sistema Spar	37
5.2 DANOS MECÂNICOS	43
5.2.1 Danos Mecânicos dos Sistemas de Pulverização.....	43
5.2.2 Danos Mecânicos causados pelo Sistema SPAR	43
5.2.2.1 Danos Mecânicos do Sistema SPAR em Aveia Preta	44
5.2.2.2 Danos Mecânicos do Sistema SPAR em Soja	45
5.2.2.3 Danos Mecânicos do Sistema SPAR em Sorgo Forrageiro ...	49
5.2.2.4 Danos Mecânicos do Sistema SPAR em Milho	50
5.3 AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DE GOTAS DOS SISTEMAS	51
6 CONCLUSÕES.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS.....	64

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – Planilha para avaliação dos tempos operacionais.....	58
ANEXO B – Planilha para anotações dos danos mecânicos.....	59
ANEXO C – Caracterização dos estádios reprodutivos da soja	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – Incremento sobre a produção mundial de 1950 a 1999	4
FIGURA 02 – Incremento mundial do número de tratores de 1960 até 1998.....	5
FIGURA 03 – Incremento da frota de tratores no Brasil	6
FIGURA 04 – Diagrama ilustrativo dos fatores que influem numa aplicação de produtos na lavoura	7
FIGURA 05 – Modelos de pulverização e suas respectivas densidades de gotas	15
FIGURA 06 – Vista frontal da aplicação com pulverizador de barra	21
FIGURA 07 – Vista da aplicação com avião agrícola Ipanema	22
FIGURA 08 – Vista frontal da operação com o Sistema Spar	23
FIGURA 09 – Vista lateral da operação com o Sistema Spar.....	23
FIGURA 10 – Vista superior das mangueiras de rosto do sistema SPAR sobre a cultura durante a aplicação	24
FIGURA 11 – Fixadores para tratores ou pulverizadores	25
FIGURA 12 – Fixadores para cabo de aço delimitadores entre os tratores.....	25
FIGURA 13 – Carretel para manuseio das mangueiras e cabo de aço ...	26
FIGURA 14 – Mangueiras de aplicação, alimentação e cabo de aço	26
FIGURA 15 – Posicionamento dos tratores durante a operação com sistema SPAR	27
FIGURA 16 – Ilustração indicando procedimento durante a operação com o sistema SPAR.....	28
FIGURA 17 – Danos por amassamento em soja durante aplicação do fungicida com sistema SPAR.....	31

FIGURA 18 – Suporte para papel hidrossensíveis	34
FIGURA 19 – Sistema de reabastecimento utilizado na área experimental no município de Jarí, RS.....	39

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – Dados médios da Capacidade de Campo Operacional nos testes com os sistemas no município de Jarí	36
TABELA 02 – Desempenho Operacional do Sistema SPAR em Campo nativo. Dessecação com volume aplicado de 140L ha ⁻¹	37
TABELA 03 - Desempenho Operacional do Sistema SPAR em Campo nativo. Dessecação com volume aplicado de 135L ha ⁻¹	38
TABELA 04 - Desempenho Operacional do Sistema SPAR em Campo nativo. Dessecação em duas diferentes épocas.....	40
TABELA 05 - Desempenho Operacional do Sistema SPAR em aveia preta. Dessecação com volume aplicado de 90L ha ⁻¹	41
TABELA 06 - Desempenho Operacional do Sistema SPAR em aveia preta. Dessecação com volume aplicado de 90L ha ⁻¹	41
TABELA 07 – Dados médios da tabelas 02, 03 e 04	42
TABELA 08 – Dados médios das tabelas 05 e 06	42
TABELA 09 – Produção média de soja cultivar RS 10 em áreas com e sem danos mecânicos	43
TABELA 10 – Danos mecânicos em aveia-preta (local 01)	44
TABELA 11 – Danos mecânicos em aveia-preta (local 02)	44
TABELA 12 – Danos mecânicos em aveia-preta (local 03)	45
TABELA 13 – Danos mecânicos em aveia-preta (local 04)	45
TABELA 14 – Danos mecânicos na soja cultivar Spring, no estágio R2 – R3 no sentido transversal a linha de plantas	46
TABELA 15 – Danos mecânicos na soja cultivar Spring, no estágio R2 – R3 no sentido transversal a linha de plantas	47

TABELA 16 – Danos na Soja cultivar Spring em R5.4 com aplicação de fungicida com direção do deslocamento paralelo às linhas das plantas (local 1)	48
TABELA 17 – Danos na Soja cultivar Spring em R5.4 com aplicação de fungicida com direção do deslocamento paralelo às linhas das plantas (local 2)	48
TABELA 18 – Danos mecânicos no Sorgo Forrageiro no estágio de 7 e 8 folhas	49
TABELA 19 – Danos mecânicos no Milho no estágio fenológico da 6 ^a folha exposta.....	50
TABELA 20 – Avaliação da deposição de gotas dos sistemas de pulverização SPAR e de barras com pontas 110-015 e avião com pontas D8 – 90°	51
TABELA 21 – Análise da produtividade média de Soja com diferentes sistemas de pulverização e volumes com aplicação de 0,6 L/ha de fungicida (Epoxiconazole + Pyraclostrobin)	52

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01 – Volume de líquido necessário para cobrir 01 hectare com 50 gotas cm^2	13
QUADRO 02 – Dimensões do pulverizador de barras PJ 402.....	20
QUADRO 03 – Dimensões do avião agrícola Ipanema BEM 201.....	21

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

AVALIAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS LÍQUIDOS

Autor: Marcelo Prado Lima da Silva
Orientador: José Fernando Schlosser
Santa Maria, abril de 2004.

É inegável que o uso de máquinas na agricultura, bem como, a aplicação de novas técnicas agrícola, permitiu o aumento da produção e produtividade agrícola no mundo. Há uma série de alternativas a disposição do agricultor. Este trabalho serviu para avaliar um novo sistema de pulverização de arrasto (SPAR) e comparar com os dois sistemas mais utilizados que são: pulverizador de barras e aviação agrícola. Para avaliar e comparar os sistemas foram utilizadas três variáveis que foram: Desempenho operacional, danos mecânicos e deposição de gotas. Para a realização da análise de deposição de gotas foram utilizados papéis hidro-sensíveis, fixados nas entrelinhas e junto às linhas do dossel vegetativo a 30 e 60 cm de altura. Desta forma determinou-se a densidade de gotas e o DMV (Diâmetro médio volumétrico). Os danos mecânicos foram estimados com a determinação da produção em áreas com e sem amassamento pelo rodado do trator. Por diferença se obteve as perdas por danos mecânicos pelos sistemas terrestres. O sistema aéreo foi considerado como dano zero. Foi mensurado também o dano causado pelo arraste da mangueira de pulverização sobre as culturas pelo sistema SPAR. O desempenho operacional foi baseado nos tempos operativos, determinando capacidade de campo operacional e rendimento de campo. Para a avaliação do sistema SPAR foi realizada uma série de medições de desempenho operacional variando condições e tamanhos das áreas e sistemas de abastecimento. Quanto à capacidade operacional o sistema SPAR foi em média 100% superior ao pulverizador equipado com barras normais, nas condições dos testes. A aplicação aérea possui uma capacidade operacional superior aos dois sistemas terrestres. A redução da produtividade, por amassamento, é mais significativa pelo sistema de barras. Em gramíneas com entrenós, como milho e sorgo, deve-se utilizar o sistema SPAR somente na fase inicial da cultura antes do surgimento dos entrenós. O sistema SPAR possui maior penetração do produto na camada inferior do dossel. Estatisticamente não existiram diferenças significativas entre as variáveis utilizadas para diferenciar os sistemas avaliados, na aplicação de fungicidas em produtividade de soja.

ABSTRACT

Master Dissertation

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

EVALUATION OF THREE LIQUID FITOSSANITARY PRODUCTS APPLICATION SYSTEMS.

Author: Marcelo Prado Lima da Silva

Adviser: José Fernando Schlosser

Santa Maria, abril de 2004.

At present days agriculture has been looking for new technologies for quickly supplying the human needs in foods. It is undeniable that the use of machines in the agriculture as well as the discovery and application of new agricultural techniques or modern and efficient cultural methods allowed the increase of the production and agricultural productivity in the world, enlarging in a significant way, the income of the work, the areas of the cultures and the respective productions, reducing the hand of manual work in the accomplishment of the agricultural works, mainly the dangers to the human health. Due to those technological progresses there is a series of alternatives at the farmer's reach, but that, due to great speed in the innovations, he doesn't have enough information to choose for one or other more appropriate technique. That work had as subject to evaluate a new drag pulverization system (SPAR) as well as to compare it with the two more used systems which are: bars pulverizer and agricultural aviation. Three parameters were used to compare the systems and evaluate, operational capacity, mechanical damages and drops deposition. Regarding to the operational capacity the SPAR system was 100% superior on average to the pulverizer equipped with normal bars under tests conditions. Aerial application under tests conditions presents a superior operational capacity in relation to the two terrestrial systems. For mechanical damages doesn't exist any medium productivity difference among the systems, however, in grassy having between nodes as corn and sorghum should only be used the SPAR system in the initial phase of the culture before the between nodes appearance. The SPAR system has the larger penetration of the product in the inferior layer of the dossal. Within statistical terms didn't exist significant differences among the systems with fungicides application in soybean productivity.

1. INTRODUÇÃO

A atividade agrícola tem sido inseparável da evolução e da construção da sociedade humana. A sociedade, como é vista hoje, não poderia ter se desenvolvido, sem uma adequada fonte de alimentos. O avanço da agricultura, contudo, não resolveu em definitivo o problema do suprimento de alimentos. Quando a seca e a ocorrência de pragas e doenças incidem sobre as culturas, o resultado é redução na produção. É necessário aumentar o suprimento de alimentos para garantir a sobrevivência das pessoas, proteger a sociedade contra catástrofes biológicas ou físicas por meio de uma reserva de alimentos.

A evolução da agricultura e com isso a oferta de alimentos, só foi possível com a utilização de máquinas nessa atividade, além da descoberta e aplicação de novas técnicas agrícolas ou métodos culturais modernos que, por sua vez, também só são possíveis pela sua mecanização adequada. Estabelece-se, desta forma, que o desenvolvimento de novas tecnologias está relacionado ao avanço do processo de mecanização.

Reafirmando-se o que foi citado anteriormente, constata-se que o mundo tem obtido importantes conquistas através da ciência nos últimos 55 anos. No caso do setor primário mundial e do brasileiro em particular, o período conhecido como o da revolução verde, foi considerado o processo catalisador da modernização da agricultura. Este consistia em uma série de técnicas utilizadas. Estas para incrementar, a escassa produção mundial de alimentos, que preocupava os governos e especialistas logo após o término da segunda guerra mundial.

A revolução verde visava um aumento na produção de alimentos que, segundo seus precursores, solucionaria o problema da desnutrição presente na maioria dos países. A utilização de técnicas mais intensivas provocou um expressivo aumento na produção, que foi incrementada também pelo aumento das áreas de plantio. Estes fatores provocaram maior demanda de trabalho no campo o que, conseqüentemente, impulsionou, também, o mercado de máquinas e implementos agrícolas

no mundo. As técnicas, referidas anteriormente, começaram a ser usadas inicialmente na produção de trigo, arroz e milho, durante os anos 60. Com isso, milhões de agricultores - pequenos e grandes - foram submetidos às primeiras provas destas técnicas, as quais foram posteriormente aceitas em todo o mundo. Apesar de alguns impactos provocados aos ecossistemas, a contribuição à segurança alimentar de muitos países é incontestável, auxiliando na redução da fome em países como a China a Índia e também nos países da América Latina.

Do escrito acima, a pesquisa tem buscado novas tecnologias que maximizem os resultados produtivos e que venham a suprir as necessidades humanas em alimentos. No entanto, estabelece-se uma constatação paradoxal, decorrente do acima afirmado: com o advento dos avanços tecnológicos, deriva uma série de alternativas a disposição do agricultor, mas devido a grande velocidade nas inovações o mesmo não tem informações suficientes para optar por uma ou outra técnica mais adequada.

As demandas do mercado são grandes e crescentes, tanto em qualidade quanto em quantidade de determinado produto, exigindo menores custos, de tal forma que torne os processos produtivos economicamente viáveis.

Um dos tratos culturais que é de fundamental importância, tanto para o aumento da produtividade, quanto para a qualidade do produto é a aplicação de produtos fitossanitários. Esta se torna responsável diretamente pela viabilidade econômica da produção agrícola.

O presente trabalho de pesquisa objetivou a comparação de três diferentes sistemas de aplicação de produtos fitossanitários líquidos, que são: pulverizador de barras, sistema de pulverização de arrasto e a com aviação agrícola. Como variáveis de comparação entre os sistemas foram utilizados o desempenho operacional, o nível de danificação às plantas e a análise da deposição de gotas.

Outro objetivo secundário do trabalho foi verificar o funcionamento do novo sistema de arrasto, suas vantagens, limitações e difundir à

sociedade científica as características de funcionamento desta novidade técnica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA AGRICULTURA MUNDIAL E BRASILEIRA

O impacto da revolução verde sobre a produção agropecuária mundial, possibilitou alcançar cifras antes inimagináveis, como se mostra na Figura 01. No entanto, esse impacto não se restringiu somente ao desenvolvimento do setor rural propriamente dito. Esse crescimento facilitou o surgimento de empresas paralelas, para dar suporte a toda esta estrutura que começou a se formar. Assim, surgiram as grandes empresas produtoras de agroquímicos, fertilizantes e as indústrias de máquinas e implementos agrícolas.

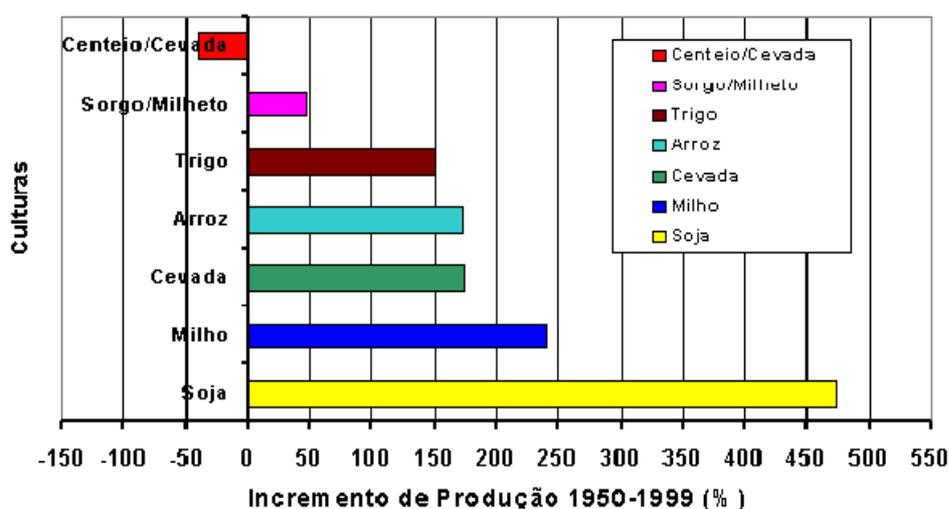


FIGURA 01 - Incremento sobre a produção mundial de grãos de 1950 a 1999. Fonte: IBGE (2003).

O Brasil participou ativamente de todo este processo de modernização da agricultura, com resultados visíveis tanto no aumento da produtividade das culturas como na frota mundial de máquinas. Na Figura 02 pode-se observar um acréscimo do número de tratores na agricultura mundial passando de pouco mais de 9 milhões na década de

1960 para em torno de 27 milhões na década de 1990. A área plantada com soja evoluiu em expressivos 5.000% desde 1960, até o presente momento e a produção, por sua vez, alcançou 11.000% de aumento no mesmo período. A soja é, sem dúvida, a grande prova da evolução da agricultura brasileira com a revolução verde e, juntamente com o milho, impulsionou a agricultura e os setores de apoio da atividade como o de insumos e o de máquinas agrícolas.

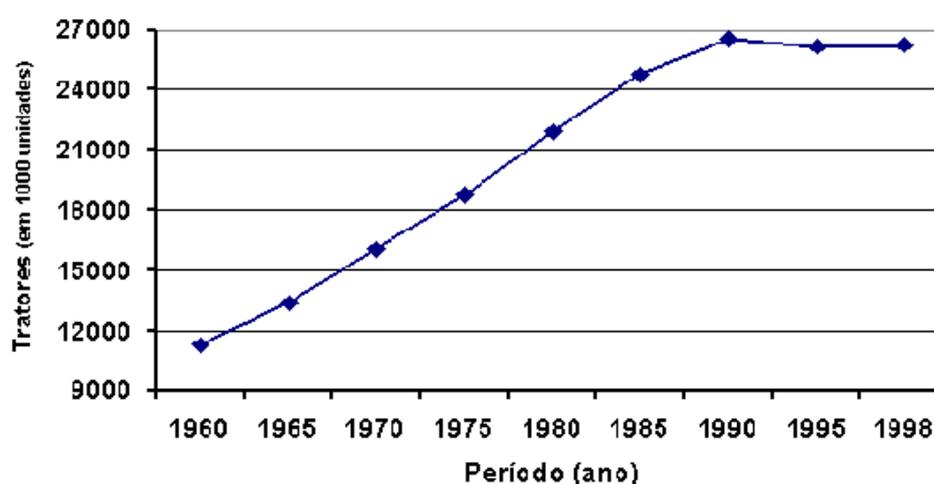


FIGURA 02 – Incremento mundial do número de tratores de 1960 até 1998. Fonte: IBGE (2003).

Isto mostra que, a agricultura brasileira, também, vem passando por profundas mudanças desde o princípio da década de 1970, quando se iniciou o processo denominado de modernização da agricultura ou Revolução Verde, caracterizando-se fundamentalmente pelo aumento no uso de insumos modernos, tais como fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas e sementes geneticamente melhoradas e também com o aumento considerável do parque de máquinas brasileiro (Figura 03). No caso brasileiro, tendo como indicador de mecanização, o mercado de tratores agrícolas, multiplicou-se por dez vezes o nosso parque em 25

anos, entre 1960 e 1995. A indústria química brasileira possui um faturamento médio anual próximo aos quarenta bilhões de dólares americanos, e têm na agricultura o seu terceiro maior segmento de consumo, representando cerca de 15% do total de negócios, considerando apenas os insumos diretos fertilizantes e defensivos, sendo que os defensivos agrícolas dobraram seu volume de faturamento na última década.

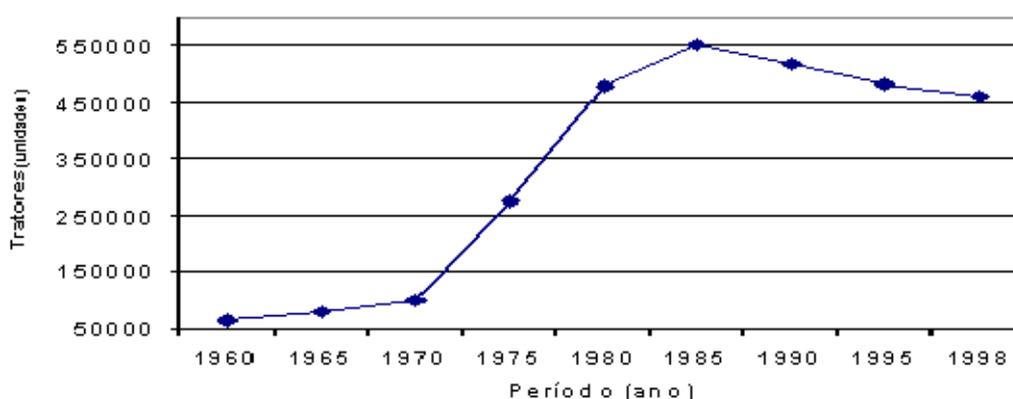


FIGURA 03 – Incremento da frota de tratores no Brasil. Fonte: IBGE (2003).

2.2. PRESSUPOSTOS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

O uso de produtos químicos na agricultura atual é praticamente imprescindível, não havendo sistemas de produção comercial numa escala que deixem de utilizar fertilizantes ou defensivos agrícolas. As máquinas agrícolas evoluíram junto com os produtos químicos, e seus empregos corretos proporcionam uma eficiência da operação que se reflete no desempenho econômico da atividade. Schlosser (2000) faz esta constatação e afirma que para alcançar uma pulverização de qualidade,

deve-se reunir a maior quantidade de conhecimento e informações sobre os quatro fatores colocados no diagrama abaixo:

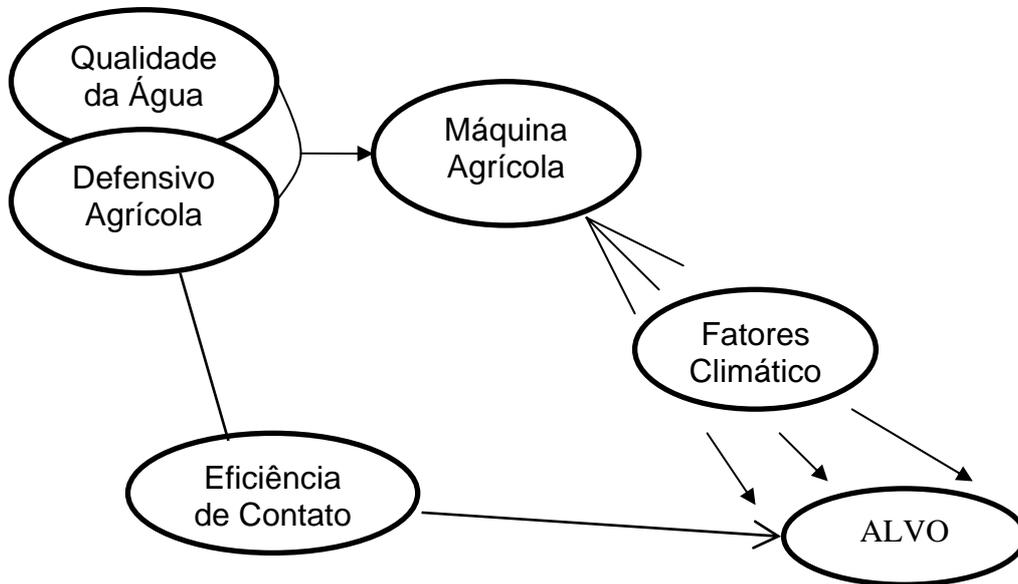


FIGURA 04 – Diagrama ilustrativo dos fatores que influem numa aplicação de produtos na lavoura. Adaptado de Schlosser (2000).

- 1- Qualidade da água.
- 2- Defensivo agrícola: Produto adequado à necessidade.
- 3- Máquina agrícola: Correta regulagem e operação da máquina.
- 4- Fatores climáticos: Umidade relativa do ar, ventos, temperatura do ar, etc.
- 5- Alvo biológico: Plantas invasoras, insetos, fungos, ácaros.
- 6- Eficiência de contado: Absorvido ao atingir o alvo.

Schlosser (2000) continua seu pensamento, afirmando que, aplicação dos defensivos teve uma necessidade de aumento da eficiência nos procedimentos e equipamentos de aplicação, os quais devem fazer a colocação do produto no local adequado, com economia e proteção dos

trabalhadores e do ambiente. Em função destes motivos expostos é que se faz necessário realizar pesquisas de avaliação de equipamentos e métodos.

Desta forma, em função das explorações agrícolas terem, cada vez mais, os custos de produção elevados, próximos ao valor da receita, isto provoca um prejuízo muito grande ao produtor por não conseguir reter sua safra e comercializar oportunamente, obtendo, assim, preços de venda não remuneradores, é que em muitos casos as empresas agrícolas tornam-se inviáveis economicamente. A realidade da cotação dos produtos agrícolas brasileiros é definida pelo mercado internacional, devido ao perfil exportador de nossa agricultura, desta maneira resta ao produtor dois focos principais para atuação: o primeiro na adequada comercialização do produto, e o segundo na necessidade de ser eficiente, na condução de sua lavoura, procurando minimizar os custos de produção.

Para aplicar os produtos fitossanitários de maneira mais adequada utiliza-se a denominada “tecnologia de aplicação de defensivos” que segundo Matuo (1990), pode ser definida como o emprego de todos os conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto biologicamente ativo no alvo, em quantidade necessária, de forma econômica, com o mínimo de contaminação de outras áreas. Esta economia se alcança com a redução dos custos operacionais, visando uma maior eficiência no uso cada vez maior dos defensivos agrícolas. Isto obriga o desenvolvimento de novas tecnologias, onde a redução dos volumes e a perda de tempo representada pelas constantes paradas para reabastecimento do pulverizador estão voltadas para as práticas cujas modalidades requerem menor volume de aplicação, visando com isso, diminuir o custo e aumentar a rapidez no tratamento Matuo, (1990). Esses efeitos são representados por tempos consumidos no preparo da máquina e em interrupções requeridas pelo próprio trabalho da máquina quando em operação.

2.3. DESEMPENHO OPERACIONAL

A seleção de máquinas e implementos agrícolas é uma atividade bastante complexa, devido ao elevado número de fatores envolvidos e alternativos a considerar. As realizações das operações agrícolas devem ser racionais a fim de garantir uma utilização econômica do maquinário. Segundo Pacheco (2000), a quantidade de trabalho que as máquinas e implementos agrícolas são capazes de executar por unidade de tempo denomina-se capacidade operacional. Para Mialhe (1974), a quantidade de trabalho executado ou “produção” das máquinas e implementos agrícolas pode ser avaliada de várias maneiras e, o tempo considerado, sob vários aspectos, distingue-se diversos tipos de capacidade operacional. Assim, as capacidades operacionais da maquinaria agrícola podem ser classificadas da seguinte forma:

1º) De acordo com o tipo de operação:

Capacidade de Campo – Cc

Capacidade de Produção – Cp

Capacidade de Manipulação – Cm

2º) De acordo com as dimensões dos órgãos ativos:

Capacidade Teórica – CT

3º) De acordo com o tempo considerado:

Capacidade Efetiva - CE

Capacidade Operacional - CO

Capacidade de campo (Cc): É aplicada a máquinas e implementos agrícolas que, para executarem uma operação agrícola, devem se deslocar no campo, cobrindo determinada área. Portanto, o trabalho executado é medido em termos de área trabalhada:

$$\text{Capacidade de Campo} = \frac{\text{Área Trabalhada}}{\text{Unidade Tempo}} \quad 1)$$

Capacidade de campo teórica (CcT): É obtida a partir de dados relativos às dimensões dos órgãos ativos da máquina ou implemento ou seja a largura efetiva de trabalho e a velocidade de deslocamento.

$$CcT = \text{Larg. de trabalho} * \text{Veloc. deslocamento} \quad 2)$$

Capacidade de campo efetiva (CcE): Representa a capacidade efetivamente demonstrada pela máquina no campo. A área trabalhada em determinado tempo.

$$CcE = \frac{\text{Área Trabalhada}}{\text{Tempo}} \quad 3)$$

Rendimento operacional (Rc): É a relação entre as capacidades operacionais de mesma natureza do conjunto agrícola. É um parâmetro que indica as perdas provenientes do não aproveitamento integral da capacidade operacional da máquina. Para analisar o rendimento operacional está dividido em duas categorias, que são:

Rendimento de campo teórico (RcT): Estima as perdas de área trabalhada, devidas ao não aproveitamento integral das dimensões dos órgãos ativos ou do potencial de largura efetivo do implemento.

$$RcT = \frac{CcO}{CcT} * 100 \quad 4)$$

Rendimento de Campo Efetivo (RcE): Estima as perdas da área trabalhada devido aos tempos consumidos em preparo do equipamento e por interrupções durante a jornada de trabalho.

$$RcE = \frac{CcO}{CcE} * 100 \quad 5)$$

2.4. DEPOSIÇÃO DE GOTAS

O sucesso de um programa de tratamento fitossanitário na agricultura, depende fundamentalmente da utilização de produto de eficiência comprovada e de uma tecnologia desenvolvida para sua aplicação, ficando ainda condicionado ao momento de sua realização e à influência dos fatores meteorológicos, biológicos e agrônômicos, incontroláveis (Ozeki & Kunz, 1998; Ramos, 2000). O crescente aumento do custo de produtos químicos, mão de obra e da energia, e a preocupação cada vez mais crescente em relação à poluição ambiental Velloso (1983). Nessa direção Velloso *et al.* (1984), assim como, Matuo (1998) e Ramos (2000) realçam as necessidades de tecnologias mais acuradas, na aplicação do produto no local e momentos adequados.

A tendência atual, devido ao alto custo do transporte de água ao campo, e a perda do tempo representada pelas constantes paradas para reabastecimento do pulverizador, é a utilização de técnicas que requerem menor volume de aplicação, visando com isso, diminuir o custo e aumentar a rapidez do tratamento (Matuo, 1990). A redução dos custos operacionais, visando-se uma maior eficiência no uso cada vez maior dos defensivos agrícolas, obriga o desenvolvimento de novas tecnologias, onde a redução dos volumes de pulverização é um dos pontos mais preocupantes. Isto porque, uma formulação terá que ser fracionada em: gotas homogêneas espalhadas adequadamente e depositadas corretamente sobre um alvo definido e pré-determinado, através dos mais diversos equipamentos de pulverização e tipos de bicos (Santos, 1992).

A diminuição do volume de calda de aplicação implica no emprego de gotas menores, para se manter uma adequada cobertura do alvo (Matuo, 1998; Ramos, 2000). Segundo Steden, citado por Abi Saab (1996), a importância do tamanho das gotas aumenta em função do aumento da dificuldade de alcance do alvo; para a condição citada, gotas

menores proporcionam melhores resultados. Christofolletti (1992) cita a importância de se trabalhar com gotas de menor diâmetro para que estas atravessem a camada externa da folhagem e que possam atingir a parte interna. Gotas grandes tendem a se depositar na parte externa, com pouca capacidade de penetração.

Em condições de aplicação aérea, Santos (1992) afirma que para obter uma boa deposição deve-se trabalhar com gotas finas, pois estas têm características de melhor penetração entre as folhas das culturas do que as gotas grossas. Por outro lado, Schröder (1995) afirma que a utilização de gotas menores implica em limitações por evaporação e deriva.

Segundo Ozeki & Kunz (1998), para uma adequada eficiência biológica do fungicida aplicado é necessário um nível de cobertura adequado do alvo e uma densidade de 30 a 50 gotas cm^{-2} pode ser suficiente para adequada eficiência dos fungicidas sistêmicos. Para Christofolletti (1999), deve se trabalhar com 30 a 40 gotas cm^{-2} . Marochi (1996) cita uma densidade de 50 a 70 gotas cm^{-2} como adequada. Já os fungicidas de contato, necessitam cobertura de 70 a 100 gotas cm^{-2} , devendo-se trabalhar com gotas finas para alcançar a cobertura desejada Ramos (2000).

Para se conseguir uma boa cobertura da superfície a ser tratada, pode-se utilizar um grande volume de aplicação (caldas diluídas e gotas grandes, ou então, gotas menores e calda mais concentrada). O Quadro 01 mostra o volume de calda a ser aplicada e o diâmetro de gotas, para se conseguir uma cobertura com densidade de 50 gotas cm^{-2} . Isto em um ha de alvo, porém os alvos nem sempre possuem uma área semelhante a ser atingida. Variando com índice de área foliar, infestação de plantas ou insetos e outros. Ocorrendo ainda perdas por condições climáticas até atingir o alvo. Com isso é preciso um maior volume de calda do que os expressos no quadro, para se atingir o alvo com uma densidade de gotas ideal. Alcançando assim um controle satisfatório.

QUADRO 1 - Volume de líquido necessário para cobrir um hectare com 50 gotas cm^{-2} .

Diâmetro (μm)	Volume de Aplicação (L ha^{-1})
60	0,56
80	1,34
100	2,62
150	8,83
200	20,94
250	40,91
300	70,68
400	167,55
500	327,25

Fonte: Matuo (1998).

Nas aplicações com pulverizadores terrestres equipados com barras e bicos hidráulicos, de modo geral, o volume deve estar em torno de 150 L ha^{-1} devido às limitações de ordem operacional, porém este deve ser ajustado em função da área de folhas a serem cobertas de acordo com a afirmação de Azevedo (2001). Volumes maiores devem ser recomendados à medida que aumenta o índice folhar ou área foliar das plantas alvos. Balardin *et al.* (2001), verificaram diferenças de cobertura obtida de uma mesma condição de aplicação em duas cultivares de soja. Esse fato está relacionado principalmente à área foliar, arquitetura e estatura característica de cada cultivar.

Os pulverizadores são as máquinas que aplicam a maior parte dos defensivos agrícolas Matuo (1990). A escolha e utilização do pulverizador são de importância fundamental na eficácia de ação dos produtos Velloso *et al.* (1984). Na escolha do equipamento de pulverização devem ser levados em consideração diversos parâmetros, tais como: espectro de gotas, diâmetro médio das gotas, faixa de deposição, densidade de gotas, deriva e evaporação Velloso *et al.* (1983).

A aplicação terrestre de defensivos tem evoluído no sentido de

apresentar equipamentos, não só mais precisos, mais econômicos, como, também, equipamentos que tragam maior segurança ao aplicador e menor risco de contaminação ambiental.

A aviação agrícola tem como maior vantagem proporcionar que os trabalhadores e seus equipamentos terrestres possam ter atribuições mais produtivas Santos (1992). Sua principal característica é a utilização de volumes extremamente baixos, inferiores a 5 L.ha^{-1} . Ozeki & Kunz (1998), ressaltam que a escolha do volume ideal para cada tipo de produto está em função da necessidade de cobertura, de acordo com as características e modo de ação dos agentes biológicos visados. Também devem ser considerados o modo de ação dos produtos e as condições climáticas no local em que se realiza a aplicação.

As pulverizações devem ser realizadas prioritariamente em horários mais frescos do dia, com maior umidade relativa do ar, e pouco vento, visando reduzir os efeitos maléficoss da evaporação e deriva. Schröder (1998), avaliou o comportamento da umidade relativa do ar, temperatura e ventos na região de Pelotas, RS, durante o período diurno nos meses de outubro a fevereiro, ao longo de 60 anos. O estudo mostrou que os três fatores nunca se encontram simultaneamente favoráveis, o que inviabilizaria as pulverizações aéreas. Em pulverização aérea é o diâmetro de gotas que determina o nível de cobertura e também estabelece o seu comportamento quanto à distância de deslocamento, penetração no dossel de plantas, perda por evaporação e conseqüentemente a taxa de recuperação Ozeki & Kunz (1998).

Segundo Abi Saab (1996), a avaliação da cobertura das folhas pela calda pulverizada é uma análise usual da qualidade de uma pulverização. A técnica mais empregada atualmente é a que utiliza papéis sensíveis à água ou óleo que, em contato com gotas de água, desenvolve manchas azuis muito nítidas (Ramos, 2000). De acordo com Balardin *et al.* (2001) para alcançar um controle eficiente com o uso de fungicidas deve-se buscar uma completa cobertura da planta. O alvo neste caso é a parte inferior das plantas, devido ao movimento do produto ser via xilema

e também para combater o início das primeiras infestações. Na Figura 05 encontram-se modelos de pulverização e densidade de gotas representadas sobre papéis hidrossensíveis.

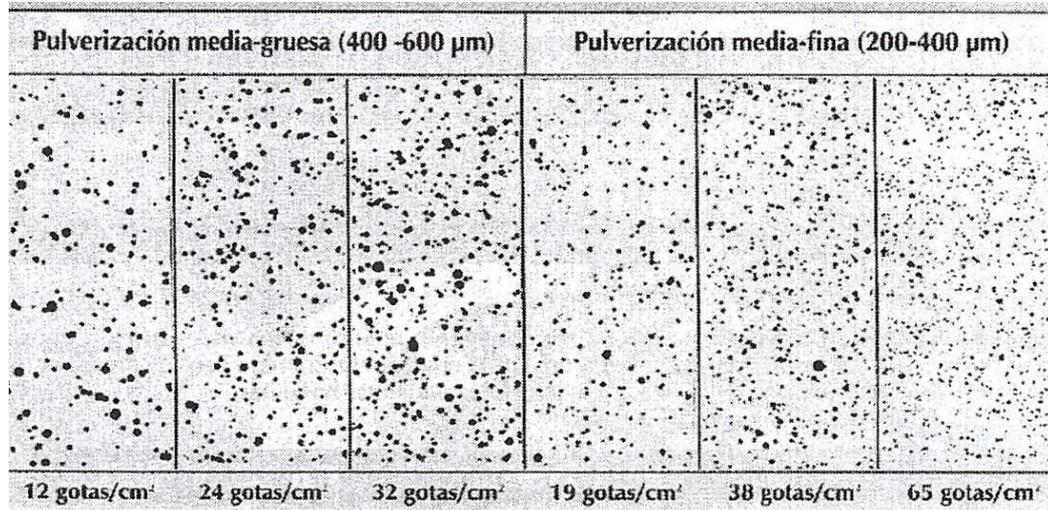


FIGURA 05 - Modelos de pulverização e suas respectivas densidade de gotas. Fonte: Schlosser (2000).

Para avaliar a cobertura da folha pela calda existem as seguintes variáveis:

- a) Diâmetro mediano numérico (DMN): É o diâmetro em que metade das gotas produzidas possui um diâmetro menor que ele e a outra metade diâmetro maior.
- b) Diâmetro mediano volumétrico (DMV): É o diâmetro da gota em que a metade do volume aplicado deve ter um diâmetro menor que ele e a outra metade um diâmetro maior.
- c) Densidade de gotas: É o número de gotas por unidade de superfície dando uma idéia de quantidade de produto aplicado e do fracionamento deste em gotas.

2.5. DANOS MECÂNICOS

O tráfego de máquinas, dentro da área de lavoura, em demasia, em período inoportuno ou estágio inapropriado pode ocasionar graves

problemas para a cultura, alguns deles imperceptíveis como a compactação do solo. Outro problema causado pelo trânsito de máquinas, dentro da área, é o dano mecânico às plantas, como amassamento, plantas inclinadas, plantas e panículas quebradas, podendo ocasionar sérios prejuízos ao produtor. Dependendo do estágio da planta pode ocasionar a redução do estande da lavoura, área fotossintética, número de panículas e, conseqüentemente, perdas de grãos, reduzindo significativamente a produção. Carvalho (1997), citando dados da EMBRAPA, afirma que as perdas por amassamento de plantas e compactação do solo durante o ciclo das culturas estão em torno de 5 a 10%, devido ao tráfego de máquinas durante a aplicação. Isto variando de acordo com o tipo de solo, estágio da cultura, época e sistema de aplicação. Apesar da importância da utilização de produtos fitossanitários ainda não se sabe ao certo, o quanto pode-se perder em produção, com a entrada de máquinas na área da lavoura, foi pouco estudado até agora. Podendo, os danos, serem maiores ou menores conforme: o sistema de aplicação utilizado, dimensões e bitola dos pneus, estágio e espaçamento das culturas, além de outros. É necessário um conhecimento de quanto o uso de um sistema de aplicação causa de danificação á cultura, assim como, o quanto o uso deste traz em benefício. Para optar pela aplicação ou não do produto e qual sistema utilizar.

2.6. SISTEMAS DE PULVERIZAÇÃO

2.6.1. Aviação Agrícola

No Brasil, a Aviação Agrícola iniciou-se em 1947, devido ao ataque de uma praga de gafanhotos na região de Pelotas no Rio Grande do Sul, onde foi realizado o primeiro vôo agrícola no país, no dia 19 de agosto daquele ano, com a Aeronave Muniz, modelo M-9, bi-plano de fabricação nacional, prefixo GAP, monomotor de 190 HP, com autonomia de vôo de 4 horas, equipada com depósito metálico, constituído por dois compartimentos em forma de moega e dosador próprio, controlado pelo

piloto, com capacidade de carga de aproximadamente 100kg, na aplicação de BHC (Agrovel, 2003).

Atualmente a aviação agrícola é largamente utilizada na agricultura para aplicação de produtos fitossanitários, devido ao aumento expressivo das áreas, momento adequado e curto período para um satisfatório e eficiente controle da doença ou praga infestante da lavoura.

É oportuno ressaltar também que os serviços aéreos não se restringem apenas à aplicação de produtos fitossanitários líquidos, mas também, sólidos como a uréia granulada, coberturas e sementes de pastagens e arroz pré-germinado, assim como combate a incêndios são operações realizadas com grande eficiência pela aviação agrícola.

Este sistema de pulverização possui algumas vantagens sobre os outros, mas deve-se levar em consideração a realidade local para que tenham efetividade em sua operação. Pois cada caso é particularmente diferente. Isto sinaliza que é muito importante conhecer as características da área como tamanho da lavoura (dimensões), distância da pista para reabastecimento, altura de vôo, condições climáticas e outros.

Algumas das vantagens da pulverização aérea (Aeroneiva, 2003):

- 1- Reduz o tempo de aplicação;
- 2- Reduz a quantidade de veiculantes;
- 3- Não amassa a cultura;
- 4- Aplica o defensivo no momento correto e oportuno;
- 5- É mais segura, pois exige uma equipe técnica presente à aplicação;
- 6- Aproveita melhores condições climáticas.

2.6.2. Pulverizador de Barras

Para Balastreire (1990) o pulverizador de barra tratorizado é o sistema de pulverização mais utilizado. Neste sistema todo o conjunto formado por bomba, depósito, barra de pulverização e demais componentes são montados em um chassi suportado, normalmente, pelos três pontos do trator, sendo a bomba acionada pela tomada de

potência do mesmo.

A filosofia, de uma das maiores empresas fabricantes de pulverizadores tratorizados do mundo, tem sido a de que a máquina deve ser simples, robusta e barata, satisfazendo as necessidades da agricultura brasileira nas últimas duas décadas (Willes, 1996). O mesmo autor ainda cita que os equipamentos, em propriedades que exploram as culturas anuais, variam desde máquinas montadas em tratores com 400 L de capacidade do tanque, com barras de 6 a 12 metros, até unidades auto-propelidas com tanques de 3000 L e barras de 25 m. A introdução de características e desenhos que tragam benefícios econômicos e de segurança é restrita, porque tais soluções encarecem o custo do equipamento.

O pulverizador de barras é o mais utilizado, pelos produtores, em pequenas, médias e grandes propriedades. Tendo grande aceitação pela praticidade, simplicidade, agilidade e economia. A economia deste sistema é contestável, porque se deve levar em consideração vários aspectos como: tamanho da área, mão de obra, faixa de aplicação, condições ambientais, amassamento da cultura e outros.

2.6.3. Sistema de Pulverização de Arrasto (SPAR)

O sistema de pulverização de arrasto, doravante chamado somente SPAR - é composto de um depósito, bomba, regulador e registro ligados a uma mangueira, que substitui as barras do pulverizador convencional, a qual, por sua vez, está com o outro extremo ligado a um outro trator que serve somente como ponto de apoio. Esta configuração serve para larguras de aplicações de 20 a 50 metros. Para larguras superiores que vão até 120 metros, há a necessidade de equipar os dois tratores com o depósito, bomba, regulador e registros. Com o uso do SPAR agiliza-se muito a aplicação pelo processo de pulverização, reduzindo o amassamento de plantas, em função da sua largura de trabalho. Seu funcionamento depende de uma bomba em boas

condições, que garanta pressão e vazão suficientes para os bicos, um bom reservatório e dois tratores em condições de fazer a operação.

2.7 Pontas de pulverização

As pontas de pulverização são de fundamental importância para uma correta aplicação dos produtos. Influenciando diretamente no tamanho das gotas. Existem vários tipos de pontas, sendo que o alvo a ser alcançado, a cultura e o sistema a ser utilizado, que determina qual será utilizado. Existem pontas que utilizam energia hidráulica, centrífuga ou elétrica. As mais utilizadas são as de energia hidráulica. A energia hidráulica gerada pelo fluxo de um líquido que é forçado contra um orifício provocando um fluxo lamelar, que à medida que a pressão aumenta e o orifício diminui transforma o líquido em um aerossol, formando pequenas gotas (Schlosser, 2000).

As pontas hidráulicas ainda são classificadas quanto a forma do jato do aerossol que proporcionam, em:

- Pontas de jato plano ou leque,
- Pontas de jato cônico vazio, e
- Pontas de jato cônico cheio.

Atualmente, em pulverizadores de barras as mais utilizadas são as pontas de jato plano.

2.8 Momento de aplicação

Uma correta aplicação dos produtos fitossanitários é alcançada perante a determinação de um momento oportuno (“timing”). Este “timing” deve ser baseado em alguns fatores importantes como:

- Doenças, pragas e plantas daninhas a serem controladas,
- Nível de infecção das doenças, infestação de pragas e plantas daninhas,
- Grupo químico do produto, Modo de ação do produto, Mecanismo de ação do produto, Estádio fenológico da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Foram utilizados os seguintes equipamentos para pulverização:

- a) Pulverizador de barras montado – PJ 402 (JACTO[®]).
- b) Aeronave Agrícola – Ipanema EMB 201 (EMBRAER[®]).
- c) Sistema de pulverização de arrasto – SPAR 40 (STAHAR[®]).

3.1.1. Descrição do Pulverizador de Barras PJ 402.

No Quadro 02 estão demonstradas as características dimensionais do pulverizador PJ 402 utilizado nos testes.

QUADRO 02 – Dimensões e capacidade do pulverizador de barras PJ 402.

DIMENSÕES	
Largura das barras(m)	12
Massa (kg)	142
Capacidade do reservatório (L)	800

Na Figura 06 visualiza-se o momento da aplicação de um fungicida na cultura da soja, onde posteriormente, implantou-se o experimento para avaliação de danos mecânicos na cultura e avaliação da eficiência de aplicação.



FIGURA 06 – Vista frontal da aplicação com pulverizador de barra.

3.1.2. Descrição do Avião Agrícola Ipanema - EMB 201

No Quadro 03 estão apresentados os dados técnicos do avião agrícola Ipanema modelo EMB 201, utilizado neste trabalho. Na Figura 07 se visualiza a aeronave agrícola em operação.

QUADRO 03 – Dimensões e características do avião agrícola Ipanema EMB 201.

DIMENSÕES	
Altura (m)	2,22
Envergadura (m)	11,69
Comprimento (m)	7,43
MOTOR	
Fabricante	Lycoming
Número de cilindros	6
Potência	224 kW a 700 rpm
Capacidade do tanque de produto (hopper)	600 L

Fonte: Aeroneiva, (2003).



FIGURA 07 - Vista da aplicação de fungicida com avião agrícola Ipanema.

3.1.3. Descrição e Operação do Sistema de Pulverização de Arrasto SPAR – Stahar

3.1.3.1. Caracterização

O SPAR (Sistema de pulverização de arrasto e alto rendimento), como é denominado comercialmente pela Empresa Stahar (Stapelbroek & Cia LTDA), é uma mangueira utilizada como acessório para pulverizadores tratorizados, no lugar da barra do pulverizador. Apresenta um sistema de acoplamento rápido para facilitar operações alternadas entre o mesmo e a barra normal dos pulverizadores. O sistema foi desenvolvido para acoplamento em qualquer pulverizador, desde que apresente uma bomba com vazão suficiente para a largura de operação do sistema. Nas Figuras 08, 09 e 10 visualiza-se o sistema de pulverização de arrasto realizando aplicação de fungicida na cultura da

soja. Nesta área, posteriormente, realizou-se as avaliações de campo quanto a danos mecânicos e eficiência de aplicação.



FIGURA 08 - Vista frontal da operação com o sistema Spar.



FIGURA 09 - Vista lateral da operação com o sistema Spar.



FIGURA 10 - Vista superior das mangueiras de arrasto do sistema SPAR sobre a cultura durante aplicação.

3.1.3.2. Especificações técnicas

Neste trabalho utilizou-se o equipamento com largura de trabalho de 40 metros e peso de 74 kg modelo SPAR 40.

3.1.3.3 Peças e componentes

- Fixadores para tratores e/ou pulverizadores.
- Carretel para manuseio do SPAR.
- Mangueira de pulverização.
- Mangueira de alimentação.
- Cabos de aço.



FIGURA 11 – Fixadores para tratores ou pulverizadores.



FIGURA 12 – Fixadores para cabo de aço delimitadores entre os tratores.



FIGURA 13 - Carretel para manuseio das mangueiras e cabo de aço.



FIGURA 14 – Mangueiras de aplicação, alimentação e cabo de aço.

3.1.3.4. Acoplamento

A fixação do sistema Spar numa das extremidades é feita através de uma barra parafusada ao pulverizador. Na outra extremidade, para acoplamento ao outro trator, desenvolveu-se um equipamento para engate no sistema de três pontos do trator, conforme pode ser visualizado na Figura 10.

Para evitar que os dois tratores se afastem demais, rompendo desta forma a mangueira, utiliza-se um cabo de aço fixado na parte dianteira dos tratores. Esta fixação é realizada através de duas barras (Figura 12) parafusadas, preferencialmente, ao chassi do trator ou diretamente ao bloco do motor. O cabo de aço deve ser ajustado de maneira que a mangueira forme uma pequena catenária, ou seja, deverá ser mais curto do que esta.

Na Figura 15 demonstra-se, numa visão geral, como são posicionados os tratores e o equipamento durante as operações de aplicação com o sistema de pulverização de arrasto.

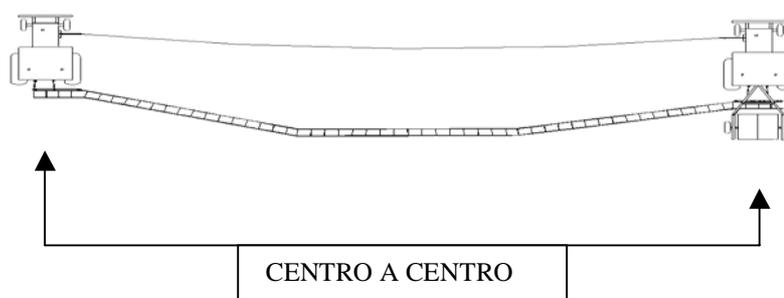


FIGURA 15 - Posicionamento dos tratores durante a operação com o sistema SPAR.

3.1.3.5. Operação do Equipamento

Ao iniciar a operação aplicar primeiro nas cabeceiras (sentido de menor comprimento) da lavoura realizando após a aplicação no restante da área. Desta forma as cabeceiras servirão como área de manobra, possibilitando trabalhar sempre em linha reta. Às áreas que permanecerem sem aplicação (arremates), devem ser realizados utilizando o pulverizador de barras normal. A Figura 16 ilustra os procedimentos operacionais para o uso correto do equipamento SPAR.

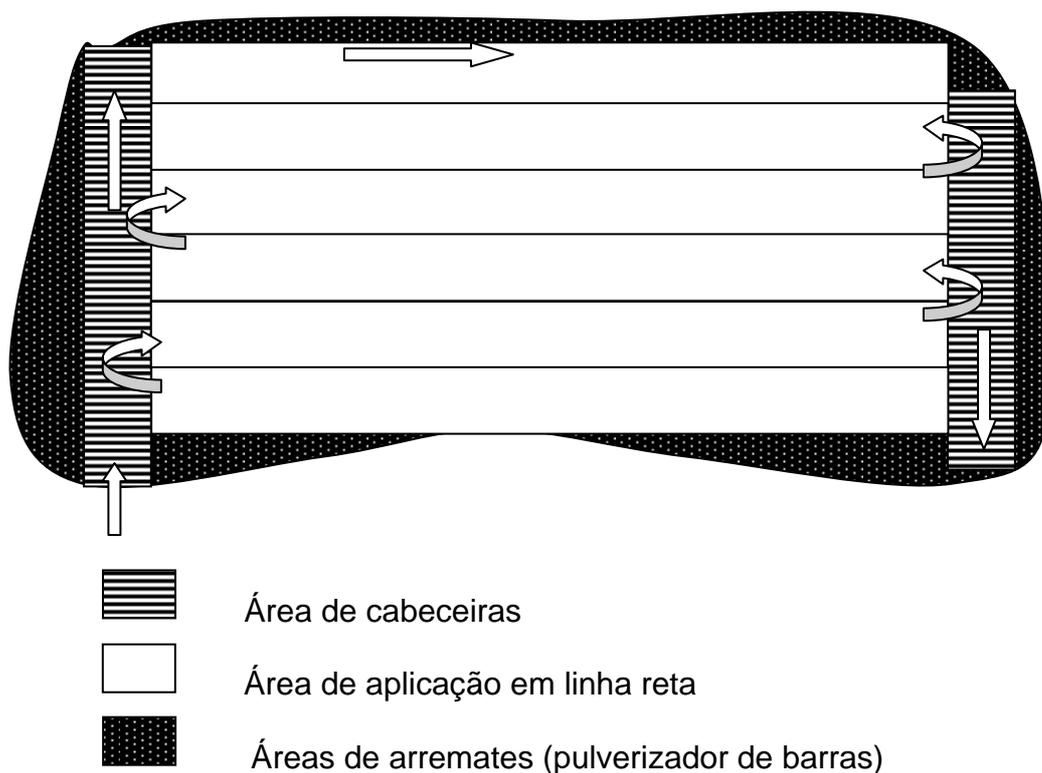


FIGURA 16 – Ilustração indicando procedimento durante a operação com o sistema SPAR.

3.2. LOCAIS DAS AVALIAÇÕES

As provas de campo foram realizadas nas culturas de aveia preta, soja, milho, sorgo e campo nativo no Campus da UFSM, em Santa Maria, RS e na propriedade agrícola localizada na região central do Rio Grande do Sul, na localidade de Capivari no município de Jarí.

3.3. MÉTODOS

3.3.1.Considerações

A avaliação dos sistemas foi realizada com base nas normas de avaliação existentes de diferentes instituições, como ASAE e ISO. Pelas características bastante particulares do equipamento SPAR, muitas metodologias foram adaptadas e desenvolvidas para possibilitar a realização das provas.

No trabalho de campo de avaliação do sistema SPAR procedeu-se em simulações de situações e realidades que devem ser consideradas, pois ocorrem durante a utilização do equipamento. Para realizar comparações entre os três sistemas utilizou-se apenas dados obtidos na cultura da soja.

3.3.2. Métodos para determinação capacidade operacional do Sistema SPAR

A capacidade operacional de um conjunto agrícola relaciona a quantidade de área trabalhada em um determinado período de tempo, sendo que estes valores são dependentes de vários fatores. Para as avaliações de campo buscou-se trabalhar em diferentes quadros e cenários, os quais devem ser consideradas no momento de se realizarem comparações. Todos os testes basearam-se na quantificação dos tempos operativos dos conjuntos, que eram tomados e registrados manualmente com cronômetro e planilhas de campo, necessitando-se para isso de dois operadores no trator ou junto do sistema mecanizado. Desta forma formou-se uma planilha de tempos que estava classificada em três tipos distintos:

a- Tempo efetivo: Quando o sistema estava acionado, aplicando a calda sobre a lavoura.

b- Tempo de manobras: Quando o conjunto operacional não estava realizando aplicação da calda, manobrando nas cabeceiras ou desviando obstáculos diversos.

c- Tempo de reabastecimento: Quando o conjunto estava repondo, no depósito, a água e o produto. Este tempo foi tomado desde o final da aplicação, quando se desligava o sistema, até o reinício da mesma quando novamente a calda era pulverizada.

O tempo de reabastecimento para os sistemas terrestres foi padronizado. O motivo desta padronização foi que os sistemas utilizaram o mesmo procedimento e equipamentos de reabastecimento¹, já que possuem características similares. Na área experimental no município de Jarí RS, foi utilizado um sistema de reabastecimento móvel (caminhão com tanque de capacidade de 4.000 L, conjunto moto-bomba) para reabastecer o pulverizador conforme a Figura 19. Isso possibilita um reabastecimento rápido e, conseqüentemente, um maior rendimento operacional.

Durante a aplicação dois operadores registravam a largura efetiva de trabalho e a velocidade real de deslocamento dos conjuntos. Dessa forma ao final das avaliações estavam registrados os dados necessários para o cálculo das capacidades operacionais, as eficiências para cada operação e os rendimentos operacionais, sendo necessária uma planilha de campo para anotações destes dados conforme o Anexo A.

¹ Sistema móvel de reabastecimento (Caminhão, reservatório de água e moto-bomba)

3.3.3. Métodos para determinação de danos mecânicos do Sistema terrestres

3.3.3.1. Perdas por amassamento

Foi realizada uma avaliação de perdas por amassamento, proporcionado pelos equipamentos de aplicação terrestre através do seu rodado (Figura 17). Para tanto, foram coletadas amostras na área de amassamento e das áreas adjacentes, consideradas homogêneas e sem amassamento antes da passagem do sistema. Foi estimada a produção de grãos das áreas atingidas pelos rodados e das áreas não atingidas. Pela diferença entre as duas produções, determinou-se a perda por danos mecânicos proporcionado pelo rodado dos tratores. Para tanto, foram demarcadas as áreas das amostras, no momento da aplicação. Utilizou-se parcelas de 6 m², coletadas a campo no ponto de maturação completa.



FIGURA 17 – Danos por amassamento em soja durante aplicação de fungicida com sistema SPAR.

Os pneus que equipavam os tratores utilizados foram:

Dianteiros 14.9 – 24: Com largura de seção sem carga de 378 mm.

Bitola de 1730 mm.

Traseiros 18.4 – 34: Com largura de seção sem carga 478 mm. Com

Bitola de 1625 mm.

3.3.3.2. Danos mecânicos nas plantas pelo sistema de pulverização de arrasto

Realizou-se uma avaliação no estágio fenológico R 5.4 da cultivar de soja Spring. Esta avaliação ocorreu na área experimental do município de Jarí, RS, utilizando-se uma área de soja de aproximadamente 40ha em que se realizou uma aplicação de fungicidas. Nesta avaliação fez-se a contagens do número de flores e vagens presentes sobre o solo.

A avaliação dos danos mecânicos pela passagem da barra do sistema de pulverização de arrasto. Foi realizada através de amostra testemunha antes da passagem do sistema, com área de 1 m², em uma área maior considerada homogênea. Avaliando-se as plantas inteiras e as já danificadas. Após a passagem do equipamento retornou-se ao ponto na lavoura onde se amostrou a testemunha, e em torno dessa se realizaram outras amostragens, buscando identificar possíveis danos causados pelo contato físico da máquina com a cultura. Totalizando 4 testemunhas por cultura avaliada e 3 amostras por testemunha.

O critério de avaliação baseou-se na formação de uma escala para o estado que se encontravam as plantas, classificadas como plantas inteiras, plantas inclinadas, plantas quebradas e vagens arrancadas. Essas avaliações foram feitas no mesmo dia, com as mesmas pessoas, assim buscando uma padronização de procedimentos. Necessitou-se, para tanto, de planilhas de campo (Anexo B) para anotações dos danos já existentes nas plantas, e os causados pela passagem do sistema.

3.3.4. Métodos para determinação da deposição de gotas

Para a realização da análise de deposição de gotas, foi colocada uma estrutura de suporte (Figura 18) dentro do dossel vegetativo, com finalidade de fixação dos cartões hidrossensíveis. Este suporte foi utilizado para o pulverizador de barras e o avião. Os cartões foram dispostos à altura de 30 e 60 cm do solo, posicionados 22,5 cm das plantas, no centro da entrelinha e junto à haste principal. Para o sistema SPAR os cartões foram fixados diretamente nas plantas, nas mesmas alturas. Cinco minutos após a aplicação de cada tratamento os cartões foram coletados e acondicionados em envelopes de papel, separados e identificados de acordo com a sua posição no campo. Em cada parcela experimental foram coletadas três sub-amostras, totalizando 12 cartões por repetição. As imagens dos cartões coletados foram copiadas para um microcomputador através de Scanner, com resolução de 600dpi e avaliados quanto ao diâmetro mediano volumétrico e densidade de deposição de gotas através de um programa computacional de avaliação de gotas. Desta forma, foram gerados dados de cobertura foliar pela calda pulverizada no terço mediano e no terço superior das plantas, na linha e na entrelinha da cultura. O programa informático utilizado na avaliação foi E-SPRINKLE versão 1.2, produzido e comercializado pela Ablevision Sistemas Computacionais LTDA, com tecnologia transferida pela EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, em parceria com a Universidade Federal de São Carlos UFSCar e o Instituto Agrônômico de Campinas IAC.



FIGURA 18 – Suporte para papel hidrossensíveis

3.4. DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES EXPERIMENTAIS E ESTATÍSTICAS

3.4.1 Análise das perdas por amassamento do rodado dos sistemas terrestres

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e dois subtratamentos por tratamento. Os tratamentos foram sistema SPAR 40, pulverizador com barras de 12 m e pulverizador com barras de 20 m que foi estimado baseado nos resultados do pulverizador de barras de 12 metros. Os subtratamentos foram áreas com amassamento e áreas sem amassamento pelos rodados dos tratores. Foram feitas quatro repetições e cada parcela com área de 6 m².

3.4.2 Método experimental para análise dos danos mecânicos pelo arrasto da mangueira de pulverização do sistema SPAR sobre as culturas

Foram utilizados delineamentos inteiramente casualizados, analisando-se por cultura, com níveis de danos às plantas na parcela testemunha comparada com três parcelas após passagem pelo sistema, em quatro repetições.

3.4.3 Método experimental para análise da deposição de gotas pelos sistemas

Utilizou-se uma análise através dos dados médios de três tratamentos, com dois subtratamentos para cada um. Com média obtida em dez pontos de amostragem.

3.4.4 Método experimental para análise do desempenho operacional dos três sistemas de aplicação

Foi comparado e avaliado através dos dados médios dos três tratamentos. Com média obtida de quatro repetições para cada tratamento.

3.4.5 Método experimental para análise comparativa dos sistemas com aplicação de fungicida em soja pelo rendimento de grão

Foi usada análise de variância, com a aplicação do teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. As médias foram obtidas de quatro locais de amostras, com áreas de 6 m².

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. DESEMPENHO OPERACIONAL

5.1.1. Desempenho operacional dos três sistemas

TABELA 01 - Dados médios da Capacidade de Campo Operacional nos testes com os equipamentos no município Jarí, RS.

Variável	E q u i p a m e n t o s		
	Avião	Spar	Pulverizador de barras
Reservatório cheio (L)	600	800	800
Volume aplicado por hectare (L ha ⁻¹)	30	100	150
Área tratada (ha)	20	8	5,3
Tempo efetivo (min)	4,5	16,3	34,8
Tempo manobras (min)	4,9	1,1	2,1
Tempo abastecimento – padrão (min)	4	15	15
Tempo máquina (min)	24,5	32,4	51,9
Largura teórica de trabalho (m)	16	38	12
Largura efetiva de trabalho medida (m)	16	37,3	11,8
Velocidade de deslocamento (m s ⁻¹)	45,8	2,2	2,2
<u>Capacidade de campo (Cc)</u>			
Cc teórica (ha h ⁻¹)	264	30,1	9,4
Cc efetiva (ha h ⁻¹)	264	30	9,2
Cc operacional (ha h ⁻¹)	89,5	15	6,2
<u>Rendimento de Campo (Rc)</u>			
Rc teórico (%)	100	98	98
Rc efetivo (%)	33,9	50,2	67

Observando os dados na Tabela 01 pode-se afirmar que o avião agrícola foi o equipamento que obteve os resultados superiores quanto à capacidade de campo operacional que ficou em torno de 89,5 ha h⁻¹, ou seja, em torno de 600% superior ao SPAR com 15 ha h⁻¹ e próximo a 1400% a mais que o pulverizador de barras. Ao mesmo tempo, o equipamento SPAR obteve uma Capacidade operacional pouco mais de 100% superior ao pulverizador de barras normal, utilizando um tanque com o mesmo volume. Estas diferenças entre o SPAR e pulverizador de

barras têm grande importância, visto que, possibilitam ao agricultor realizar as aplicações de fungicidas em um menor espaço de tempo, utilizando assim melhores épocas e as melhores horas do dia. Ao mesmo tempo, comparando o sistema SPAR com o avião agrícola é importante que o agricultor realize uma análise econômica da utilização da aviação agrícola.

5.1.2. Avaliação da capacidade operacional do sistema Spar

A capacidade operacional foi determinada pelo método de tomada dos tempos operativos, já descrito anteriormente. Nas Tabelas 02 a 04 estão representados os tempos operativos do equipamento nos testes realizados dentro do campus da UFSM com áreas entre 5,5 e 17 ha.

TABELA 02 - Desempenho operacional do sistema SPAR em campo nativo. Dessecação com volume aplicado de 140L ha⁻¹.

Variável Avaliada	Quantificação
Área tratada (ha)	17,0
Tempo efetivo (min)	47,1
Tempo manobras (min)	18,4
Tempo abastecimento (min)	135,9
Tempo máquina (min)	201,5
Largura teórica de trabalho (m)	40,0
Largura efetiva de trabalho medida (m)	37,6
Velocidade de deslocamento (m s ⁻¹)	1,6
Área trabalhada (ha)	17,0
<u>Capacidade de campo (Cc)</u>	
Cc teórica (ha h ⁻¹)	23,0
Cc efetiva (ha h ⁻¹)	21,7
Cc operacional (ha h ⁻¹)	5,0
<u>Rendimento de Campo (Rc)</u>	
Rc teórico (%)	94,1
Rc efetivo (%)	23,4

É fácil de perceber visualizando a tabela 02 que a causa do baixo Rendimento de Campo Operacional de 5,0 ha h⁻¹ é resultado de um ineficiente sistema de reabastecimento do pulverizador.

TABELA 03 - Desempenho operacional do sistema Spar em campo nativo Local Roblein-UFSM. Dessecação com Volume aplicado de 135 L ha⁻¹.

Variável Avaliada	Quantificação
Área tratada (ha)	5,5
Tempo efetivo (min)	15,4
Tempo manobras (min)	17,1
Tempo abastecimento (min)	50,2
Tempo máquina (min)	82,6
Largura teórica de trabalho (m)	40,0
Largura efetiva de trabalho medida (m)	36,1
Velocidade de deslocamento (m s ⁻¹)	1,7
Área trabalhada (ha)	5,5
<u>Capacidade de campo = Cc</u>	
Cc teórica (ha h ⁻¹)	23,9
Cc efetiva (ha h ⁻¹)	21,6
Cc operacional (ha h ⁻¹)	4,0
<u>Rendimento de Campo = Rc</u>	
Rc teórico (%)	90,2
Rc efetivo (%)	18,6

No caso específico da Tabela 03, com dados do talhão Roblein - UFSM, com apenas 5,54 ha, se obteve uma capacidade de campo operacional de apenas 4,0 ha h⁻¹. Este baixo valor de capacidade de campo operacional deve-se, principalmente, a alguns fatores tais como:

Falta de um sistema de abastecimento e reabastecimento eficiente na lavoura, fato este que obriga a interrupção da aplicação (desacoplamento do sistema, deslocamento até fonte de água, retorno e reacoplamento).



FIGURA 19 - Sistema de reabastecimento utilizado na área experimental, no município de Jarí, RS.

Em áreas pequenas, como exemplo o talhão Roblein, necessita-se de um tempo relativamente grande para manobras de cabeceira. Isto possibilita desaconselhar a utilização do equipamento SPAR em situações semelhantes, pois esta Capacidade de Campo Operacional pode, com relativa facilidade, ser atingida utilizando-se um pulverizador de barras normal.

TABELA 04 - Desempenho operacional do sistema Spar em campo nativo.

Local: Pensacola-UFSM. Dessecação em duas diferentes épocas.

Variável Avaliada	Quantificações	
Volume aplicado (L.ha ⁻¹)	110,0	145,0
Área tratada (ha)	14,9	12,5
Tempo efetivo (min)	36,9	32,9
Tempo manobras (min)	16,6	14,8
Tempo abastecimento (min)	40,3	62,7
Tempo máquina (min)	93,7	110,4
Largura teórica de trabalho (m)	40,0	40,0
Largura efetiva de trabalho medida (m)	37,1	36,0
Velocidade de deslocamento (m s ⁻¹)	1,8	1,8
Área trabalhada (ha)	14,9	12,5
<u>Capacidade de campo (Cc)</u>		
Cc teórica (ha h ⁻¹)	25,5	25,3
Cc efetiva (ha h ⁻¹)	24,3	22,8
Cc operacional (ha h ⁻¹)	9,6	6,8
<u>Rendimento de Campo (Rc)</u>		
Rc teórico (%)	95,3	90,0
Rc efetivo (%)	39,3	29,8

Ao se analisar a Tabela 04, observa-se que o rendimento de campo efetivo máximo chegou a 39,3% o que é muito baixo. Isso se deve ao fato de nessas aplicações não haver um sistema de reabastecimento efetivo disponível a campo, necessitando-se desacoplar o equipamento entre um reabastecimento e outro. Somado o tempo de reabastecimento com o tempo de manobras o tempo gasto sem aplicação fica próximo de 60% do tempo máquina, ou seja, superior ao tempo efetivo de aplicação que foi de 36,9 minutos.

TABELA 05 - Desempenho operacional do sistema Spar em aveia preta em Jarí, RS. Dessecação com volume aplicado de 90 L ha⁻¹.

Parâmetro Avaliado	Quantificação
Área tratada (ha)	29,4
Tempo efetivo (min)	73,9
Tempo manobras (min)	30,9
Tempo abastecimento (min)	33,7
Tempo máquina (min)	138,4
Largura teórica de trabalho (m)	40,0
Largura efetiva de trabalho medida (m)	37,5
Velocidade de deslocamento (m s ⁻¹)	1,8
Área trabalhada (ha)	29,4
<u>Capacidade de campo (Cc)</u>	
Cc teórica (ha h ⁻¹)	25,4
Cc efetiva (ha h ⁻¹)	23,9
Cc operacional (ha h ⁻¹)	12,7
<u>Rendimento de Campo (Rc)</u>	
Rc teórico (%)	93,8
Rc efetivo (%)	53,3

TABELA 06 - Desempenho operacional do sistema Spar em campo nativo. Local Jarí, RS. Dessecação com volume aplicado de 90 L ha⁻¹.

Variável avaliada	Quantificação
Área tratada (ha)	18,4
Tempo efetivo (min)	38,3
Tempo manobras (min)	12,6
Tempo abastecimento (min)	15,3
Tempo máquina (min)	66,1
Largura teórica de trabalho (m)	40,0
Largura efetiva de trabalho medida (m)	37,5
Velocidade de deslocamento (m s ⁻¹)	2,1
Área trabalhada (ha)	18,4
<u>Capacidade de campo (Cc)</u>	
Cc teórica (ha h ⁻¹)	30,6
Cc efetiva (ha h ⁻¹)	28,7
Cc operacional (ha h ⁻¹)	16,6
<u>Rendimento de Campo (Rc)</u>	
Rc teórico (%)	93,8
Rc efetivo (%)	57,9

b

O

servando-se os dados da Tabela 07, verifica-se uma situação bastante particular. Ao diminuir a média das áreas para 12,5 ha reduziu também a Capacidade de Campo Operacional em aproximadamente 50% se comparado aos dados da Tabela 08 com área média aplicada de 23,9 ha. Isso também ocorre com o Rendimento de Campo Efetivo. Isto permite inferir que o equipamento apresenta resultados de rendimento bem mais satisfatórios quando utilizado em áreas maiores, o que evita perda de tempo com muitas manobras de cabeceiras, preparo e recolhimento do equipamento para deslocamentos de uma área para outra.

TABELA 07 - Dados médios das tabelas 02, 03 e 04.

VARIÁVEL AVALIADA	QUANTIFICAÇÃO
Área trabalhada (ha)	12,5
Cc Operacional (ha h ⁻¹)	6,4
Rc Efetivo (%)	27,8

TABELA 08 - Dados médios das tabelas 05 e 06

VARIÁVEL AVALIADA	QUANTIFICAÇÃO
Área trabalhada (ha)	23,9
Cc Operacional (ha h ⁻¹)	14,6
Rc Efetivo (%)	55,6

Analisando a Tabela 08 se percebe que a capacidade de campo operacional apresenta valores em torno de 14,6 hectares por hora e um rendimento de Campo Efetivo de aproximadamente 55,6%. As áreas onde foram realizadas essas avaliações, por suas características desuniformes de formato, pequena extensão e a capacidade do reservatório do pulverizador de apenas 600 L, indicam claramente que o equipamento tem um potencial de rendimento operacional muito maior quando utilizado em áreas maiores e com tanque de pulverizador maior.

É importante, também, destacar que operadores treinados para trabalhar com o sistema aumentam bastante o rendimento da operação. Isto, porque, as manobras exigem mais dos operadores para evitar que o

equipamento fique muito tensionado ou que os tratores se aproximem muito, fato este que ocasiona o enrolamento da mangueira provocando perda de tempo.

5.2. DANOS MECÂNICOS

5.2.1. Danos Mecânicos dos Sistemas de Pulverização

Na Tabela 9 se compara a produção de áreas com e sem o amassamento causado pelo rodado do trator, no sistema de pulverização com barras de 12 e 20 metros e, do sistema Spar com 40 metros de largura de trabalho. Observa-se que a redução na produtividade, por hectare, no sistema SPAR foi de apenas 82 kg ha⁻¹, contra 138 e 229 kg ha⁻¹, do pulverizador de barras de 12 m e 20 m respectivamente. Essa maior perda ocorre por se necessitar de passagens mais próximas com o pulverizador de barras, causando maiores danos na cultura.

TABELA 09 – Produção média de soja cultivar RS 10 em áreas com e sem danos mecânicos por amassamento.

SISTEMA	LARGURA	AMASSAMENTO (kg ha ⁻¹)		PERDAS (kg ha ⁻¹)	PERDAS %
		COM	SEM		
BARRAS	12 m	3.068	2.839	229	7,5
	20 m	3.068	2.931	138	4,5
SPAR	40 m	3.254	3.172	82	2,5

5.2.2. Danos Mecânicos causados pelo Sistema SPAR

5.2.2.1. Danos Mecânicos do Sistema SPAR em Aveia-preta

A seguir encontram-se os dados coletados a campo para avaliações específicas do sistema SPAR na cultura Aveia-preta. Esta área fora pastejada pelo gado no início da cultura, causando grande desuniformidade de estande. Assim sendo a cultura já se encontrava com grande parte das panículas em avançado estágio de amadurecimento.

TABELA 10 – Danos mecânicos em aveia-preta (local 01).

NÚMERO	TEST. 1	AMOST. 1	AMOST. 2
Plantas inteiras	444	402	421
inclinadas	25	20	41
Plantas quebradas: Talos	28	25	31
Panículas	-	4	9
TOTAL	497	451	502

TABELA 11 – Danos mecânicos em aveia-preta (local 2)

NÚMERO	TEST. 2	Amost. 01	Amost. 02
Plantas inteiras	453	439	439
inclinadas	35	26	22
Plantas quebradas: Talos	19	31	35
Panículas	-	7	12
TOTAL	507	503	508

Ao observar as Tabelas 10 a 13 pode-se notar que em todos os locais amostrados ocorreu um pequeno aumento no número de panículas quebradas o que pode ser atribuído ao fato de grande parte das plantas já estarem na fase final da maturação. Porém, esse nível de danos pode ser classificado como pequeno se considerado o número total de plantas e panículas.

TABELA 12 – Danos mecânicos em aveia-preta (local 3).

NÚMERO	TEST. 3	Amost. 01	Amost. 02
Plantas inteiras	469	356	413
Inclinadas	19	21	17
Plantas quebradas Talos	19	22	20
Panículas	-	2	5
TOTAL	507	401	455

TABELA 13 - Danos mecânicos em aveia-preta (local 4).

NÚMERO	TEST. 1	AM 01	AM 02
Plantas inteiras	460	431	384
Inclinadas	27	5	14
Plantas quebradas Talos	24	20	30
Panículas	-	3	3
TOTAL	511	459	431

Considerando-se, nesta análise, o estágio fenológico no qual se encontrava a cultura já se esperava maior probabilidade de danos, pois as panículas estavam praticamente secas se comparado com uma condição normal de aplicação de fungicidas, no final de ciclo, para as gramíneas de inverno em nosso estado. Pode-se concluir que os danos ocasionados pela passagem da barra são desprezíveis, e provavelmente, em condição normal de aplicação de fungicidas na aveia-preta os danos causados pelo arraste da mangueira de pulverização seriam praticamente inexistentes.

5.2.2.2. Danos mecânicos do sistema SPAR em soja

Para avaliar possíveis danos causados pelo equipamento SPAR na cultura da soja, voltou-se para mesma propriedade do Sr. Carlos Bohr, na localidade de Capivari no município de Jarí-RS, onde foi realizada uma simulação de aplicação, nos estádios reprodutivos (Anexo C) R2-R3, da cultivar Spring, em uma lavoura com aproximadamente 10 ha. Esta

simulação foi realizada sem utilização de produto na calda. A metodologia utilizada para a coleta de dados foi a mesma utilizada para a cultura da aveia-preta.

Os itens amostrados foram os que se encontram nas Tabelas 14 e 15 abaixo. Nestas tabelas estão os valores numéricos amostrados em uma área.

TABELA 14 - Danos mecânicos na cultura da soja, cultivar Spring, no estágio R2- R3 no sentido transversal à linha de plantas.

Itens (nº)	Test 1	Amost. 1	Amost. 2	Média Amost.	Média Amost (%)
Plantas inteiras	27	11	26	18,5	92,5
Plantas inclinadas	0	1	0	0,5	2,5
Plantas quebradas Talos	0	2	0	1,0	5,0
Pecíolo	0	7	0	3,5	-
Plantas arrancadas Talos	0	0	0	0,0	-
Folhas	0	3	1	2,0	-
Total de plantas	27	14	26	20	100,0

Pode-se visualizar nos dados da Tabela 14 que os danos causados pelo equipamento à cultura da soja, nesta fase do desenvolvimento, para a cultivar Spring, foram baixos visto o universo de folhas e pecíolos que a cultura apresentava nessa fase. Na prática pode-se observar que, quando a cultura se encontra com alguns espaços abertos, ou seja, com baixa população de plantas, a tendência das plantas é inclinarem-se mais e a sofrer danos maiores. Passadas algumas horas as plantas inclinadas novamente se encontravam na posição normal. Isto também pode ser visualizado na Tabela 15 onde a amostra 03 foi retirada de um local onde se pôde visualizar os danos de plantas inclinadas ou quebradas (nível máximo de dano). Observando-se a cultura de modo geral verificou-se que poucos danos de quebra ocorreram em locais onde havia falhas de plantas, ou seja, as últimas plantas na linha antes da falha. Isto indica que em uma lavoura com densidade de plantas adequada, com uma boa distribuição de plantas na linha de semeadura, com um estande ótimo,

praticamente não ocorrem quebras de plantas com a utilização do equipamento.

TABELA 15 - Danos mecânicos na cultura da soja, cultivar. Spring no estágio R2- R3, com direção de deslocamento transversal em relação às linhas de semeadura.

Itens	Test 1	Amost. 1	Amost. 2	Amost. 3*	Média Amost.	Média Amost. (%)
Plantas inteiras	11	20	19	9	16	90,9
Plantas inclinadas	0	0	0	4	1,3	7,4
Plantas quebradas						
Talos	0	0	0	1	0,3	1,7
Pecíolos	0	1	1	0	0,6	-
Plantas arrancada						
Talos	0	0	0	0	0,0	-
Folhas	0	1	0	14	5,0	-
Total de plantas	11	20	19	14	17,6	100

* Área com dano visual

Comparando-se as Tabelas 16 e 17 quanto aos danos, pode-se observar que o sentido da linha de semeadura, em relação ao deslocamento, não influenciou muito nos níveis de danos. Conclui-se que se pode utilizar o equipamento em qualquer sentido de deslocamento buscando sempre, na medida do possível, trabalhar no sentido da maior distância, buscando maior rendimento operacional.

TABELA 16 – Danos na soja cultivar Spring em R 5.4. com aplicação de fungicida com direção do deslocamento paralelo às linhas das plantas (local 1)

Plantas	Test	Amost	Amost	Amost	Média	Média
	1	1	2	3	Amost.	Amost.(%)
Inteiras	21	29	28	24	27,2	84,3
inclinadas	0	0	2	11	4,1	12,7
Quebradas Talos	0	0	0	3	1,0	3,0
Pecíolos	0	0	1	0	0,3	-
Arrancadas Talos	0	0	0	0	00	-
Folhas	0	1	2	16	6,3	-
Flores	0	0	0	0	0,0	-
Vagens	25	25	44	32	33,7	-
Total de plantas	21	29	30	38	32,3	100

TABELA 17 – Danos na soja cultivar Spring em R 5.4. com aplicação de fungicida com direção do deslocamento paralelo às linhas das plantas (local 2)

Plantas	Test	Amost.	Amost.	Amost.	Média	Média
	2	1	2	3	amostras	Amost.(%)
inteiras	33	30	25	27	27,3	100
inclinadas	0	0	0	0	0	0
quebradas Talos	0	0	0	0	0	0
Pecíolos	0	0	0	0	0	0
Arrancadas Talos	0	0	0	0	0	0
Folhas	0	3	3	0	2	-
Flores	-	-	-	-	-	-
Vagens	17	50	34	51	45	-
TOTAL DE PLANTAS	33	30	25	27	27,3	100

Nas Tabelas 18 e 19, se pode observar que, praticamente, não ocorreram danos às partes vegetativas da cultura da soja, nesta fase de desenvolvimento, utilizando-se o sistema SPAR. Nos dados coletados não se puderam quantificar estes danos por queda de vagens com significativa precisão, pois sabemos que a cultura da soja, nesta fase do

desenvolvimento, apresenta uma abscisão natural de vagens devido ao grande número de flores fertilizadas além do seu potencial de retenção.

4.2.2.3. Danos Mecânicos do Sistema SPAR em Sorgo Forrageiro

TABELA 18 - Danos mecânicos em sorgo forrageiro no estágio de 7 e 8 folhas .

Plantas	Test	Amost.	Amost.	Amost.	Média	Test	Amost.
	1	1	2	3		%	%
inteiras	52	26	30	0	18,7	91,9	55,7
inclinadas	5	9	9	10	9,3	8,1	27,7
Quebradas	0	9	5	2	5,3	0,0	15,7
arrancada	Folha	0	4	0	0	1,3	0,0
	Planta	0	1	0	0	0,3	0,9
Total de plantas	57	45	44	12	33,6	100	100

Na Tabela 18 pode-se verificar que ocorreu um aumento do número de plantas inclinadas de 8,1% para 27,7%. Esta inclinação se dá, provavelmente, em função do peso do equipamento sobre a cultura e da força de atrito entre o equipamento e a planta. Algumas horas após a aplicação estas plantas retornam, em sua grande maioria, a posição normal o que neste caso não pode ser assumido como um dano à cultura. Além da inclinação das plantas de sorgo, ocorreu uma quebra de plantas em torno de 15,7%. Este dano ocorreu praticamente só nas plantas que já apresentavam um internódio acima do nível do solo. Isto permite afirmar que se o equipamento for utilizado em aplicações nesta cultura, estas deveriam ser realizadas enquanto a planta apresentar fases mais juvenis, ocasião em que possivelmente os danos serão menores. Por outro lado, se o equipamento for utilizado em culturas de sorgo com um desenvolvimento maior, provavelmente, os danos poderão atingir índices acima dos toleráveis economicamente. O número de plantas, com arranquio total, na cultura avaliada não chegou a atingir o nível de 1%.

Pode-se dizer que o equipamento SPAR pode ser utilizado em aplicações de produtos na cultura de sorgo. Deve-se, porém, atentar para

que as mesmas sejam realizadas nas fases mais jovens da cultura, ou seja, antes que os primeiros internódios da cultura estejam acima do nível do solo. Com isso, os possíveis danos causados pelo equipamento serão desprezíveis frente aos benefícios obtidos.

5.2.2.4. Danos Mecânicos do Sistema SPAR em Milho

TABELA 19 - Danos mecânicos no milho no estágio fenológico da 6ª folha exposta.

Itens	Test.	Amost.	Amost.	Amost.	Média	Test	Amost.
	1	1	2	3		%	%
Inteiras	20	22	15	31	22,7	100	97,4
inclinadas	0	0	0	0	0	0	0
quebrada							
Folha	0	4	5	4	4,3	0	-
Planta	0	1	1	0	0,6	0	2,6
arrancadas							
Folha	0	3	0	4	2,3	0	-
Planta	0	0	0	0	0	0	0
Total de plantas	20	23	16	31	23,3	100	100

Para o milho os danos observados foram menores que os observados na cultura do sorgo. Isto, provavelmente, deu-se pelo fato de o milho estar em uma fase mais juvenil sem internódios expostos acima do nível do solo. O total de plantas quebradas atingiu o valor de 2,6 % na cultura avaliada. Ocorre um pequeno arranque de folhas com a utilização do equipamento, que nessa fase da cultura pode ser considerado como insignificante. Além disso, na lavoura de milho onde se realizou o ensaio não se observou o arranquio de plantas.

Com base nos dados coletados pode-se afirmar que é possível a recomendação do equipamento para aplicações na cultura do milho quando esta estiver ainda nas primeiras fases do desenvolvimento (antes dos primeiros internódios expostos). Em estágios mais atrasados, provavelmente, o comportamento será bastante semelhante ao sorgo forrageiro ocorrendo um aumento nos níveis de danos.

5.3. AVALIAÇÃO DA DEPOSIÇÃO DE GOTAS DOS SISTEMAS

Verifica-se na Tabela 20 que a densidade de deposição de gotas do sistema SPAR e do pulverizador de barras foi bem superior à do avião que pode ser explicado, em parte, pela grande diferença de volume de calda aplicado. Quando se comparam as densidades de cobertura somente entre o pulverizador e o sistema SPAR, verifica-se que nos volumes de 150L ha⁻¹ os dois equipamentos se assemelham bastante, principalmente na parte superior do dossel de plantas. Porém na parte mais inferior do dossel pode-se verificar um melhor alcance do sistema SPAR, que atingiu valores bem superiores 310 gotas cm⁻² para o SPAR e 121 gotas cm⁻² para o pulverizador de barras. Isso indica claramente uma melhor eficiência de aplicação dos produtos para a parte inferior do dossel pelo sistema SPAR.

TABELA 20 - Avaliação da deposição de gotas pelos sistemas de pulverização: SPAR e de barras com pontas do jato plano 110015 e Avião com pontas de jato cônico vazio D8 – 90 °.

Sistema de Pulverização	L ha ⁻¹	Altura (cm)	DMV μ m	C.V do diâmetro (%)	Densidade gotas cm ⁻²
Pulverizador com barras	150	30	86	45	121
		60	91	42	495
SPAR	150	30	81	45	310
		60	103	44	507
Avião	30	30	59	33	17
		60	58	31	76

TABELA 21 – Rendimento de grãos de soja cultivar Spring em função de diferentes sistemas de pulverização e volumes com aplicação de 0,6 L.ha⁻¹ de fungicida (Epoconazole + Pyraclostrobin) .

Sistema de Pulverização	Volume L ha ⁻¹	Média kg ha ⁻¹	Diferença %
Barras	150	3.068 b	13,7
Spar	150	3.056 b	13,2
Spar	100	3.042 b	12,7
Avião	30	2.996 ab	11
Avião	20	2.937 ab	8,8
Testemunha	0	2.700 a	0

¹ Médias seguidas pelas mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de médias tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Na Tabela 21 mostram-se os resultados dos diferentes tratamentos quanto à produtividade da cultura da soja. O melhor tratamento foi o pulverizador de barras que não diferenciou significativamente do sistema SPAR e do avião. O pior tratamento foi à testemunha, que também não diferenciou do avião. Isso mostra que os sistemas terrestres utilizados na aplicação do fungicida foram eficientes, tendo assim, alcançado um controle satisfatório. No entanto o sistema com avião agrícola, para este caso, não obteve uma melhora significativa na produtividade quando comparada com a testemunha que não foi tratada com fungicida.

6. CONCLUSÕES.

A aplicação aérea possui uma capacidade operacional superior aos dois sistemas terrestres.

O sistema de pulverização de arrasto SPAR 40 apresenta a capacidade de campo operacional média 100% superior ao pulverizador equipado com barras normais de 12 m.

O rendimento de campo efetivo do equipamento SPAR melhora significativamente nas aplicações em áreas maiores.

Um sistema de reabastecimento eficaz na lavoura melhora o desempenho operacional dos sistemas.

Os danos por amassamento de plantas ocasionado pelo rodados do sistema SPAR 40 são menores que aqueles provocados pelo pulverizador com barra de 12 metros.

É possível utilizar o SPAR para aplicações em milho e sorgo, desde que seja antes que os primeiros entrenós fiquem acima da superfície do solo.

Durante a semeadura cuidar para a formação de população de plantas homogênea.

As áreas não devem possuir obstáculos, para não impedir a passagem da mangueira de arrasto.

O sistema SPAR proporciona uma melhor deposição de gotas nas camadas de folhas mais próximas do solo.

Outro fator a ser levado em consideração e requer maiores estudos é a análise econômica dos custos de aplicação tanto para aviação quanto para novo sistema de arrasto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABI SAAB, O. J. G. **Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizado em videiras no município de Londrina/ PR.** Botucatu, 1996. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na agricultura – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

AERONEIVA. _____. In: <<http://www.aeroneiva.com.br>> Acessado em outubro de 2003.

AGROVEL. In: _____. Disponível em <<http://www.agrovel.com.br>> Acesso em outubro de 2003.

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicida.** Luis Antonio de Azevedo, São Paulo, 2001. 230 p.

BALARDIN, R. S. **Doenças da soja.** Santa Maria: Ed. Autor, 2002. 107 p.

BALARDIN, R. S.; BONINI, J. V.; BIZZI, A.F.; BOLIGON, E.; MAFFINI, A.A. Influência do volume de calda e pontas de pulverização sobre o controle das doenças de final de ciclo em duas cultivares de soja. In: **XXIX Reunião de pesquisa de soja da região sul.** Atas e resumos, 2001.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas.** São Paulo: Manole, 1990. 307p.

CARVALHO, W. P. A.. **A aviação agrícola – parâmetros técnicos da aplicação aérea.** I Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Jaboticabal, 1997. 140 p.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Manual Shell de máquinas agrícolas e técnicas de aplicação de defensivos**. São Paulo. 1992. 122 p.

CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Teejet South América. Documento técnico BT-04/99. São Paulo, 1999. 15 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. In: ____.
<<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em outubro de 1999.

MAROCHI, A. I. **Conquiste o futuro com a tecnologia presente: tecnologia de aplicação de defensivos**. Castro – Paraná. Fundação ABC, 1996. 34 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP. 1990. 129-135 p.

MATUO, T. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária. 1998. p. 95 – 103.

MIALHE, L. G. **Manual da mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. p. 119 –124.

OZEKI, Y.; KUNZ. R. P. Tecnologia de aplicação aérea – aspectos práticos. In: **Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos: Novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de defesa fitossanitária. 1998.65 - 78 p

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Acre: EMBRAPA, 2000. 58 p.

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira** 25 (suplemento): p. 275-284. 2000.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 29. Indicações técnicas 2001. In **XXVIII reunião de pesquisa de soja da Região Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2001. 138 p.

SANTOS, J. M. F. **Aviação Agrícola** – Manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos. São Paulo: Rhodia Agro, 1992. 100 p.

SCHLOSSER, J. F. **Polígrafo Didático. Disciplina de Máquinas Agrícolas - A**. Departamento de Engenharia Rural, UFSM, 2000. 222 p.

SCHRÖDER, E. P. **Tecnologias inovadoras em aviação agrícola**. In: **Tecnologia e segurança na aplicação de Agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária. 1998. p 87-93 p.

VELLOSO, J. A. R. de O.; JACOBSEN, A.; GASSEN, D. N. **Informações sobre pulverização de defensivos agrícolas**. CNPT/ EMATER-RS . Passo Fundo, 1983. 36 p.

VELLOSO, J. A. R. de O. GASSEN, D. N.; JACOBSEN, L. A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo, EMBRAPA- CNPT, 1984. documentos, 5. 50 p.

WILLES, T. **Projeto e uso de equipamentos de pulverização agrícola na América Latina (Parte II Brasil)**. I Simpósio internacional de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Jaboticabal, 1997. 140 p.

ANEXOS

ANEXO A

PLANILHA PARA AVALIAÇÃO DOS TEMPOS OPERACIONAIS

Local:

Data:

Operadores:

Tempos		Tempos		Tempos	
T1		T26		T51	
T2		T27		T52	
T3		T28		T53	
T4		T29		T54	
T5		T30		T55	
T6		T31		T56	
T7		T32		T57	
T8		T33		T58	
T9		T34		T59	
T10		T35		T60	
T11		T36		T61	
T12		T37		T62	
T13		T38		T63	
T14		T39		T64	
T15		T40		T65	
T16		T41		T66	
T17		T42		T67	
T18		T43		T68	
T19		T44		T69	
T20		T45		T70	
T21		T46		T71	
T22		T47		T72	
T23		T48		T73	
T24		T49		T74	
T25		T50		T75	

ANEXO B

PLANILHA PARA ANOTAÇÕES DOS DANOS MECÂNICOS

Área da Amostra

Nº		TESTEMUNH A	AMOSTR A 01	AMOSTRA 02	AMOSTR A 03
Plantas inteiras					
Plantas inclinadas					
Plantas quebrada s	Talos				
	Plantas				
Plantas arrancad as	Talos				
	Plantas				

ANEXO C

CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS REPRODUTIVOS DA SOJA

ESTÁDIOS	DESCRIÇÃO
R1	Início da floração até 50% das plantas com uma flor.
R2	Floração plena; maioria dos racemos com flores abertas.
R3	Final da floração; vagens com até 1,5 cm de comprimento.
R4	Maioria das vagens no terço superior com 2 a 4 cm, saem grãos.
R5.1	Grãos perceptíveis ao tato a 10 % da granação.
R5.2	Maioria das vagens com granação de 10% a 25%.
R5.3	Maioria das vagens entre 25% a 50% da granação.
R5.4	Maioria das vagens entre 50% e 75% da granação.
R5.5	Maioria das vagens entre 75% a 100% da granação.
R6	Vagens com granação de 100% e folhas verdes.
R7.1	Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens.
R7.2	Entre 51% e 75% de folhas e vagens amarelas.
R7.3	Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
R8.1	Início a 50% de desfolha.
R8.2	Mais de 50% de desfolha à pré colheita.
R9	Ponto de maturação de colheita.

Fonte: BALARDIN (2002)