

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**REMOÇÃO PELA CHUVA DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE FLUTRIAFOL
APLICADA EM SOJA, COM E SEM A ADIÇÃO DE ÓLEO MINERAL NA CALDA.**

MARIA APARECIDA PERES DE OLIVEIRA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para
obtenção do título de Doutora em Agronomia
(Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Agosto – 2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**REMOÇÃO PELA CHUVA DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE FLUTRIAFOL
APLICADA EM SOJA, COM E SEM A ADIÇÃO DE ÓLEO MINERAL NA CALDA.**

**MARIA APARECIDA PERES DE OLIVEIRA
BIÓLOGA**

Orientador: Prof. Dr. Ulisses Rocha Antuniassi

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu, para
obtenção do título de Doutora em Agronomia
(Energia na Agricultura)

BOTUCATU – SP

Agosto – 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

O48r Oliveira, Maria Aparecida Peres de, 1982-
Remoção pela chuva de diferentes formulações de flutriafol aplicada em soja, com e sem a adição de óleo mineral na calda / Maria Aparecida Peres de Oliveira. - Botucatu : [s.n.], 2009.
xiii, 94 f. : gráfs., fots. color, tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2009
Orientador: Ulisses Rocha Antuniassi
Inclui bibliografia.

1. Fungicida. 2. Chuva. 3. Óleo. I. Antuniassi, Ulisses Rocha. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "REMOÇÃO PELA CHUVA DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE
FLUTRIAFOL APLICADA EM SOJA, COM E SEM A ADIÇÃO
DE ÓLEO MINERAL NA CALDA"

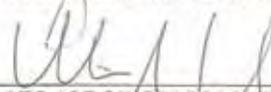
ALUNA: MARIA APARECIDA DE OLIVEIRA

ORIENTADORA: PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI

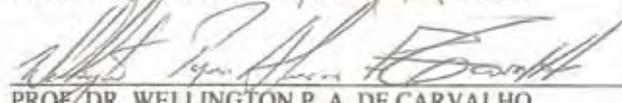
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ULISSES ROCHA ANTUNIASSI



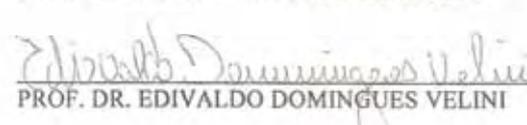
PROF. DR. OTAVIO JORGE GRIGOLI ABI SAAB



PROF. DR. WELLINGTON P. A. DE CARVALHO



PROF. DR. MARCO ANTONIO GANDOLFO



PROF. DR. EDIVALDO DOMINGUES VELINI

Data da Realização: 11 de agosto de 2009.

*À minha mãe, Sebastiana Peres de Oliveira;
Ao meu pai, Luis Gonzaga de Oliveira...
Um dia acreditaram... e ainda hoje acreditam!
Os amo cada dia mais!*

Dedico

*Ao meu avô Torquato Gonçalves Sobrinho
(In memorian),
por ter existido em minha vida!*

Ofereço!

Agradecimentos

A Deus, minha fonte de energia, sabedoria, força e esperança em todos os meus momentos.

Ao professor Ulisses Rocha Antuniassi, pela orientação, paciência, amizade e dedicação dispensada durante todo o período de pós-graduação;

Ao professor Edivaldo Domingues Velini, pelas inúmeras contribuições durante o desenvolvimento metodológico e execução deste trabalho;

Aos professores Marco Antônio Gandolfo, Wellington Pereira de Alencar e Otávio Abi Saab, pela ajuda constante na fase de pós-graduação, pela compreensão e preciosa contribuição para finalização deste trabalho;

À Cheminova do Brasil, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do trabalho, nas pessoas dos Srs. Maurício Van Santen e Robert Noon;

Aos professores Kleber P. Lanças e Paulo Arbex, pelas dicas de grande valor;

Ao professor Dr. Marcelo Ferreira, do LAPAR (Laboratório de Análise do Tamanho de Partículas), da FCAV/UNESP – Jaboticabal e seus orientados, José Rodolfo G. Oliveira e Rodrigo A. Alandia Román, pela atenção e inúmeras contribuições nas análises com o laser.

Aos amigos da FEPAF, pela atenção, apoio e amizade;

Ao professor Dirceu Máximo pela paciência e direcionamento no preparo do solo;

Aos professores da pós-graduação, pela contribuição profissional;

À Seção de Pós-Graduação da FCA, pela amizade, paciência e contribuição profissional;

Aos funcionários da Biblioteca, do Departamento de Engenharia Rural, do Departamento de Produção Vegetal, pela dedicação e compreensão;

Aos amigos José Roberto Marques Silva, Luiz Marcelo Siono, José Guilherme Cordeiro; Gilberto Winckler, Jonas Felipe Salvador e Donna Sala, pela preciosa colaboração durante a realização dos experimentos.

Aos amigos diários, que sempre estiveram comigo, meus agradecimentos: Zoraide Costa, Lilian G. Favare, Anne Caroline A. e Silva, Gabriela F. de Siqueira, Edicarlos S. Queiroz, Rone Batista de Oliveira, Karoline Santos Gonçalves e a pequena Helena Basso, pela amizade, cuidado, companheirismo, ensinamentos e incentivo. Aos amigos Efrain Santana, Sérgio Marques, Alisson A. B. Mota e Rafael de Souza Boiani, pela amizade e companheirismo. Ao amigo Edson Y. Mitsuya, pela amizade e transmissão de conhecimentos no decorrer dessa fase.

Aos amigos Aline Grego, Sérgio Santa Rosa e o pequeno Henrique pelo incentivo, acolhimento e amizade;

Ao Silva (Antônio Carlos Silva), pela incondicional e preciosa ajuda na concretização de nossas idéias, uma grande pessoa, meus agradecimentos.

Aos meus companheiros de carona, nas incansáveis viagens para casa, os amigos, Hellen Gomes e Ângelo Polizel Neto;

Aos amigos Elza A. Souza e Mauro O. Medeiros, pelo ensinamento, incentivo, força e amizade, por terem acreditado em meu potencial.

A nova amiga, Fernanda Honório e família, pela amizade e acolhimento;

As novas amigas Beatriz Barrueto, Carmem Lucia e Rita de Cássia, pelos agradáveis momentos que passamos juntas;

Agradecimentos especiais

A todos os meus familiares, obrigada pelo carinho, paciência e incentivo;

Aos meus Pais, Luis G. de Oliveira e Sebastiana P. de Oliveira pela compreensão e dedicação;

Aos meus avós José Cristódio Peres e Maria Bueno de Oliveira, por terem cuidado com tanto amor das pessoas que me cuidaram;

A Thais M. Pereira, minha pequena, pela presença constante. Mesmo com as ausências, sempre de braços abertos com um lindo sorriso!

A Lucilene D. Ramalho, Regina de Fátima Peres e Rafaela Monique Pereira, pelo precioso auxílio na fase final desta etapa e incentivo.

A Diane Helena de Oliveira e Eliane A. de Oliveira Lara, pelo incentivo, força e companhia presente, mesmo distante.

*Agradeço aos amigos,
Aos que se tornaram familiares,
Aos que nasceram familiares,
E aos que conheci antes de ontem*

*Dedico tanto aos que me deixam louco,
Quanto aos que enlouqueço!!*

*Aos que me criticam em tudo,
E a um ou outro
que atura Minha "chatura"*

*Aos amigos que correm,
Aos amigos que contemplam.*

*Aos que me consideram muito,
E aos muitos que, com razão, fazem pouco.*

*Aos que conhecem o que penso
E aos que só conhecem o que faço.*

*Aos que passa o dia todo comigo,
E aos que estão todo o tempo em mim.*

Este trabalho é a soma de todos vocês!

*E se ele não ficou melhor,
É por falta de memória, de conhecimento, de tempo...*

Mas não por falta de amigos.

(Adaptado de Efraim Rodrigues)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMO	14
SUMMARY	16
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 Agricultura e desenvolvimento.....	20
2.2 Cultura da soja.....	21
2.3 Mercado de agrotóxicos.....	23
2.4 Tecnologia de aplicação.....	27
2.5 Qualidade na aplicação.....	28
2.6 Adjuvantes e efeito de chuva na aplicação.....	35
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.1 Local do experimento.....	41
3.2 Preparo dos vasos.....	41
3.3 Aplicação das caldas e simulação da chuva.....	45
3.4 Preparo das amostras.....	53
3.5 Análise do flutriafol.....	55
3.6 Delineamento experimental.....	56
3.7 Cálculo da quantidade de ativo removido pela chuva.....	59
3.8 Análise do tamanho de partículas.....	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4.1 Análise do tamanho de partículas.....	63
4.2 Análise da extração do fungicida pela chuva.....	66
5. CONCLUSÕES.....	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de área cultivada, produtividade e produção, safras 2008/2009, conforme CONAB, 2009.	22
Tabela 2 - Caldas utilizadas como tratamentos de acordo com os códigos dos fungicidas.	57
Tabela 3 - Descrição dos tratamentos, definidos pela interação entre as caldas, o tempo entre a aplicação e a lavagem e o tipo de lavagem.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação percentual das classes no valor das vendas de defensivos agrícolas, Estado de São Paulo, 2006 (Fonte: SINDAG, 2008).-----	24
Figura 2 - Participação percentual dos estados no valor das vendas de defensivos agrícolas, Brasil, 2006 (Fonte: SINDAG, 2008). -----	25
Figura 3 - Preparo e condução dos vasos: adubação de semeadura (a), emergência (b), adubação de cobertura (c), crescimento inicial das plantas (d). -----	43
Figura 4 - Câmara climatizada. Painel de controle (a) e disposição dos vasos no interior da câmara (b). -----	44
Figura 5 - Simulador utilizado para aplicação das caldas e das lâminas de chuva. Detalhes do trilho suspenso (a) que movimenta a estrutura de suporte da barra pulverizadora com os bicos de pulverização (b) e os bicos de simulação de chuva (c).-----	46
Figura 6 - Detalhes da pressurização, garrafa de depósito da calda e sistema de regulação de altura da barra pulverizadora (a) e disposição dos vasos junto ao simulador no momento da pulverização (b).-----	47
Figura 7 - Disposição das pontas XR 11001 (gotas finas), utilizadas para a pulverização (a) e características de depósito da folha pulverizada (b).-----	48
Figura 8 - Preparo das plantas:lavagem de zero hora. Corte da planta (a), empacotamento (b), adição da água destilada (c), agitação para a extração do fungicida (d).-----	49

Figura 9 - Proteção dos vasos (a) e das bacias (b) com sacos plásticos. -----	50
Figura 10 - Disposição dos vasos (1 repetição) para a primeira chuva (a), detalhes das pontas de jato plano defletor (gotas grossas), utilizadas para a simulação da chuva (b) e detalhe das gotas de chuva sobre as folhas nos vasos (c). -----	51
Figura 11 - Coleta da solução de lavagem resultante da aplicação da chuva. -----	52
Figura 12 - Preparo das plantas para matéria seca. -----	52
Figura 13 - Filtração das amostras em Carbono 18. -----	53
Figura 14 - Extração do ingrediente ativo. Resuspensão em C18 (a), filtragem (b). -----	54
Figura 15 - Bloco de aquecimento. -----	54
Figura 16 - Cromatógrafo. Vista frontal (a) e detalhe das amostras (b). -----	55
Figura 17 - Analisador de diâmetro de partículas por difração de raios Laser Mastersizer S®, versão 2.15. vista lateral (a) e canhão laser (b). -----	61
Figura 18 - Detalhe do exaustor tipo coifa (a) e jato de pulverização (b). -----	62
Figura 19 - Caracterização das caldas quanto ao Diâmetro mediano volumétrico (DMV), expresso em micrometros (μm). Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 90%. -----	65
Figura 20 - Percentual do volume aplicado com gotas menores do que 100 μm . Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 90%. -----	65
Figura 21 - Valor do espectro de gotas (Span) resultante de cada calda pulverizada (tanto melhor quanto mais próximo da unidade - valor igual a um). Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 90%. -----	66
Figura 22 - Quantidade de flutriafol removido das plantas no momento da aplicação (lavagem imediata após a aplicação). CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	67
Figura 23 - Percentual de flutriafol removido com uma lâmina de 5 mm 1 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	69
Figura 24 - Percentual de flutriafol removido por duas lâminas sequenciais (5 mm +15 mm), 1 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	69

Figura 25 - Percentual de flutriafol removido com uma lâmina de 5 mm 2 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	70
Figura 26 - Percentual de flutriafol removido por duas lâminas seqüenciais (5 mm +15 mm), 2 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	70
Figura 27 - Percentual de flutriafol removido com uma lâmina de 5 mm 48 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	71
Figura 28 - Percentual de flutriafol removido por duas lâminas seqüenciais (5 mm +15 mm), 48 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	71
Figura 29 - Percentual de flutriafol (formulação 1310-05) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	73
Figura 30 - Percentual de flutriafol (formulação 1310-06) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	73
Figura 31 - Percentual de flutriafol (formulação 118-05) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	74
Figura 32 - Percentual de flutriafol (formulação 80D-05) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. -----	74
Figura 33 - Percentual de flutriafol (calda com 1310-05 + tebuconazole) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral. Percentual de flutriafol (calda com 1310-05 + tebuconazole) removido por	

uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. -----75

Figura 34 - Diferença percentual entre a remoção de fungicida por duas lâminas (5 mm + 15 mm) comparada a remoção com apenas uma (5 mm), com e sem a adição de óleo e ao longo do tempo. -----76

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivos verificar o efeito da remoção pela chuva de diferentes formulações de flutriafol, em condições de laboratório, aplicadas com e sem a adição de óleo na calda de pulverização, assim como verificar a influencia do óleo no espectro de gotas. O experimento considerou dez caldas resultantes da interação de cinco tratamentos contendo o flutriafol (quatro formulações de flutriafol isolado e uma mistura de flutriafol com tebuconazole), todas aplicadas com e sem óleo mineral. As dez caldas foram aplicadas sobre plantas de soja que receberam posteriormente lavagem por chuva simulada em laboratório com quatro intervalos de tempo entre a aplicação e a chuva. As chuvas foram simuladas em duas etapas, sendo uma lâmina inicial de 5 mm seguida de uma lâmina complementar de 15 mm. As coletas foram realizadas com quatro repetições, sendo cada uma delas constituída de um vaso com quatro plantas. A avaliação da concentração de flutriafol nas soluções resultantes da lavagem das plantas foi realizada através da quantificação dos resíduos do fungicida na água pelo método de cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC-MS). Após a aplicação das caldas, as plantas foram retiradas do laboratório e deixadas à temperatura ambiente, a espera do tempo decorrido para a simulação da chuva, de acordo com cada tratamento. Após a simulação das lâminas de chuva as plantas foram cortadas dos vasos e lavadas em saco plástico contendo 200 mL de água destilada. Todas as lavagens foram realizadas em 4 intervalos: 0 h (no momento da aplicação), 1 h, 2 h e 48 h após a aplicação. Para o cálculo do percentual extraído, as quantidades de flutriafol nas soluções de lavagem foram comparadas à quantidade total depositada nas plantas, a qual foi representada pela soma

das quantidades do ativo recuperado nas lavagens realizadas imediatamente após a aplicação dos tratamentos (0 h após a aplicação). Este valor representou a expectativa de depósito total do ativo em cada tratamento, sendo utilizado para referenciar o cálculo dos percentuais de flutriafol removido pelas lâminas de chuva aplicadas 1, 2 e 48 horas depois das aplicações. As análises do tamanho de partículas foram baseadas na determinação da amplitude relativa do espectro de gotas, diâmetro mediano volumétrico e percentual de gotas abaixo de 100 μm . Todas as caldas foram pulverizadas utilizando-se pontas de jato plano (XR 11001) com padrão de gotas finas. O espectro de gotas foi determinado de forma direta em analisador de diâmetro de partículas por difração de raios laser (Mastersizer S®, versão 2.15). Para a análise comparativa dos tratamentos utilizou-se o método estatístico do “Intervalo de Confiança para Diferenças entre as Médias”, com grau de confiança de 90% (IC_{90%}). Os resultados mostraram que a adição de óleo mineral na calda proporcionou tendências de maior diâmetro mediano volumétrico, menor percentual de gotas menores que 100 μm e maior uniformidade do espectro de gotas. Todas as caldas com a adição de óleo mineral apresentam maior adesão e/ou absorção do fungicida pelas plantas em comparação com as caldas sem óleo. O aumento do tempo entre a aplicação e a chuva ocasionou redução do percentual de remoção, independentemente da intensidade de chuva. Observou-se o aumento da importância da maior quantidade de chuva para remover o fungicida ao longo do tempo, acentuando a diferença entre as caldas com e sem óleo. Com o passar do tempo foi necessária uma maior quantidade de chuva para lavar as caldas aplicadas com óleo. Houve remoção significativa de fungicida até 48h após a aplicação.

Palavras-chave: Fungicida, chuva, óleo

SUMMARY

RAINFESTNESS OF DIFFERENT FLUTRIAFOL FORMULATIONS APPLIED ON SOYBEAN WITH AND WITHOUT OIL ADJUVANT IN THE SPRAY SOLUTION.

Botucatu, 2009. 95f. Tese (doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Maria Aparecida Peres de Oliveira

Adviser: Ulisses Rocha Antuniassi

The present study had for objectives to verify the effect of rainfastness of different flutriafol formulations, in laboratory conditions, applied with and without the oil adjuvant in the spray solution, as well as to verify the influence of the oil on the droplet spectrum. The experiment considered ten spray solutions related to five treatments containing flutriafol (four formulations of flutriafol and a flutriafol mixture with tebuconazole), all applied with and without mineral oil. The ten solutions were applied on soybean plants that were washed by simulated rainfall in laboratory with four time intervals between the application and the rainfall. Rainfall was simulated by one initial precipitation of 5 mm followed by a complementary 15 mm rainfall. Each vase with four plants was considered one replication. The washing solutions from the vases were collected and the flutriafol concentration on those solutions was evaluated through the quantification of the residues of the fungicide in the water using the Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). After the spray application the plants were removed of the laboratory and left to room temperature, the wait of the time elapsed for the simulation of the rain, in agreement with each treatment.

After the simulated rain the plants were cut out of the vases and washed by immersion in plastic sack containing 200 mL of distilled water. All of the washing solutions (from the rain and the immersion process) were accomplished in 4 intervals: 0 h (in the moment of the spray application), 1 h, 2 h and 48 h after the application. For the calculation of the flutriafol extracted, the amounts of fungicide in the wash solutions were compared to the total amount deposited in the plants, which was represented by the sum of the amounts of the assets recovered in the washing solutions accomplished immediately after the spray application (0 h after the application). This value represented the expectation of total deposit in each treatment, being used to reference the calculation of the flutriafol removed by the rain 1, 2 and 48 hours after the applications. Particles size analysis was based on the determination of the droplet spectrum, medium volumetric diameter and the amount of droplets below 100 μm . All the solutions were sprayed with Teejet XR 11001 (fine droplets). Droplet spectrum was determined in a direct way by diffraction of laser (Malvern Mastersizer S®, version 2.15). Confidence interval at 90% degree was used for comparing the mean data. The results showed that the addition of mineral oil in the solutions provided tendencies of larger medium volumetric diameter, smaller amount of droplets below than 100 μm and better uniformity of the droplet spectrum. All of the solutions with the addition of mineral oil presented larger adhesion and/or absorption of the fungicide on the plants in comparison with the solutions without oil. The increase the time between the application and the rain caused reduction of the fungicide removal, independently of the rain intensity. The increase of the amount of rain didn't change the relative behavior among the solutions; however, this larger amount of rain caused larger fungicide removal along the time. It was observed significant removal of flutriafol by the rain up to 48 hours after the spray application.

Key-words: Fungicide, rainfall, rainfastness, oil adjuvant, formulations

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max.* (L) Merrill) é rica em proteína servindo como base para alimentação humana e animal, desempenha também um papel importante na reciclagem de nutrientes do solo, especialmente o nitrogênio. A demanda mundial crescente de alimentos mantém a cotação da soja em alta e pressiona a produção para constantes inovações tecnológicas, em face da contínua pressão de fatores adversos à produção, tanto de origem biótica quanto abiótica.

A aplicação correta dos agrotóxicos pode melhorar sua eficácia biológica e reduzir o potencial de danos às culturas vizinhas, ao meio ambiente e ao homem. Os agrotóxicos têm sido usados por muitos anos devido a sua eficácia em controlar uma grande variedade de pragas, doenças e plantas daninhas que infestam as lavouras. Seu uso é praticamente imprescindível e existem poucos sistemas de produção comercial que deixam de utilizar fertilizantes ou agrotóxicos. A ferrugem é atualmente a doença mais importante na cultura da soja, principalmente devido à antecipação da desfolha e conseqüente deficiência na granação. A Embrapa Soja estimou que as perdas pela ocorrência de ferrugem asiática na safra 2005/2006 foram de aproximadamente 1,75 bilhões de dólares (EMBRAPA, 2007).

Na agricultura, em muitos casos, prioriza-se o agrotóxico a ser aplicado e se dá pouca importância à técnica de aplicação. Dentre diversos fatores limitantes, a aplicação de agrotóxicos sofre grande influência das condições do ambiente, como

temperatura, a umidade relativa do ar, do solo, a velocidade e direção do vento, o orvalho e a ocorrência de chuvas.

Os adjuvantes são substâncias que atuam em todas as etapas do processo de aplicação, podendo alterar as características da técnica de aplicação e a atividade biológica do ingrediente ativo. Os óleos emulsionáveis aumentam a penetração de alguns ativos pela camada encerada da cutícula numa superfície foliar e, assim, aumenta a taxa de penetração. As propriedades físico-químicas da superfície cuticular determinam a molhabilidade e representam a primeira barreira para a penetração das substâncias aplicadas, influenciando, assim, na deposição, distribuição e retenção da calda.

A chuva pode ser considerada como uma das maiores causadoras de perdas e responsável pela degradação acelerada dos depósitos de fungicidas sobre vegetais, atuando na diluição, redistribuição e remoção dos mesmos. Vários fatores afetam a relação entre a chuva e os agrotóxicos, mas os mais importantes são a intensidade, a quantidade, o intervalo de tempo entre a aplicação e a chuva, a formulação utilizada, sua solubilidade em água e o tipo de cultura.

Na safra 2005/06 os produtores de soja passaram por problemas de eficácia no controle da ferrugem nas aplicações do fungicida flutriafol, um dos mais recomendados na época, sendo que uma das hipóteses para esta ocorrência foi o excesso de chuvas. A falta de controle da doença mesmo após a aplicação do ativo em condições de intensa ocorrência de chuvas levou os produtores a diversos questionamentos.

O presente trabalho teve por objetivo verificar o efeito da remoção pela chuva, com variados intervalos de tempo e intensidade, de diferentes formulações de flutriafol, em condições de laboratório, aplicadas com e sem a adição de óleo na calda de pulverização, bem como verificar a influencia do óleo no espectro de gotas da pulverização.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Agricultura e desenvolvimento

O clima é o mais importante dos recursos naturais para a adequação e o condicionamento de uma agricultura racional. O conhecimento do potencial climático de uma região para o desenvolvimento das plantas permite estabelecer parâmetros que definem a acomodação térmica e hídrica adequadas de qualquer cultura agrícola, em qualquer tipo de solo (ASSAD, 2009).

A agricultura foi a principal forma de utilização dos recursos naturais e de ocupação do ambiente pelo homem, permitindo produzir em quantidade e qualidade, alimentos e fibras para suas populações (TAVARES et al., 2008; ANDEF, 2008). Porém, esta foi e continua sendo uma das mais importantes fontes de impactos ao ambiente (CHIRAS, 1995; WHITE, 1997). O intensivo uso de insumos derivados de petróleo, questões sociais como a dificuldade de incorporação das tecnologias e do modelo de gestão pela agricultura de menor escala, êxodo rural, poluição, riscos à biodiversidade, uso exaustivo de recursos naturais (ex.: solos, água e florestas), dentre outros, acabaram por descortinar um novo momento. Neste novo cenário, o setor agrícola é, por suas características, campo propício para se integrar o propósito da sustentabilidade ecológica com crescimento econômico socialmente desejável (ROMEIRO, 1998). Considerando a interação destas condições desde os anos 70, concebe-se o desenvolvimento como uma combinação do crescimento econômico, com

aumento igualitário do bem-estar social e preservação ambiental. O aspecto econômico, as políticas públicas e a Ciência e Tecnologia seriam então, as formas de sistematizar estes componentes. Portanto, a percepção do limite dos recursos naturais somada às demandas crescentes por alimentos, fibras e energia, decorrentes da expansão do mercado interno e externo, pelo crescimento de países emergentes (China, Índia, Rússia, Coreia do Sul, África do Sul, entre outros) e as expectativas de aumento no consumo mundial de biocombustíveis, traz consigo, o questionamento da sustentabilidade.

O sistema agroindustrial da soja é um dos mais importantes no cenário do agronegócio mundial. A soja, consumida in natura ou como matéria-prima básica na produção do farelo e do óleo, dentre outros produtos, é uma das principais commodities, sendo cultivada comercialmente no Brasil há pouco mais de 40 anos. A grande maioria das lavouras de soja para produção de grão é cultivada em áreas extensas e em regime de sequeiro, sendo as chuvas o principal fator climático que pode limitar a produção, conforme sua frequência e quantidade (MARCANDALLI et al., 2009).

Uma análise da situação climática na safra 2008/2009 no Brasil mostra que faltaram chuvas no Sul, o que causou prejuízos significativos para as culturas de segunda safra e atrasou a implantação das culturas de inverno. As enchentes na região Norte/Nordeste causaram prejuízos, sobretudo às lavouras plantadas mais próximas às margens dos rios e à jusante de barragens. Apesar dos danos causados nessas lavouras, a produtividade média das culturas nos Estados do Norte/Nordeste se posicionou bem acima da alcançada nas safras anteriores (CONAB, 2009). Este fato ocorreu porque, apesar de alguns problemas pontuais por excesso ou por déficit hídrico em algumas regiões, as chuvas foram suficientes e bem distribuídas para o bom desenvolvimento das lavouras. As condições climáticas beneficiaram principalmente as lavouras do Mato Grosso, principal Estado produtor da Região Centro-Oeste e, o maior produtor do país.

2.2 Cultura da soja

A soja (*Glycine max.* (L) Merrill) é rica em proteína servindo como base para alimentação humana e animal, desempenha um papel importante na reciclagem de nutrientes do solo, especialmente o nitrogênio.

Os elevados teores de proteína e óleo da soja geraram vasto complexo agro-industrial destinado ao processamento de seus derivados, tornando a soja uma das mais importantes commodities do mundo. O principal produto da soja é o farelo, matéria-prima para a fabricação de rações para alimentação animal. A demanda mundial crescente de alimentos, especialmente carnes, ovos e leite, deverá manter a demanda pela soja em alta. O consumo de óleo também deverá crescer, principalmente com os novos usos, como o biodiesel (HIRAKURI et al., 2009).

A área de grãos cultivada no Brasil (algodão, amendoim, arroz, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, aveia, centeio, cevada, trigo e triticale) deverá situar-se 0,3% superior que na safra 2007/08 e houve um crescimento de 1,3 milhões de toneladas na safra de grãos 2008/2009. A Tabela 1 mostra os dados de área cultivada, produtividade e produção, conforme CONAB (2009).

Tabela 1 – Dados de área cultivada, produtividade e produção, safras 2008/2009, conforme CONAB, 2009.

Região	Área (em milhões ha)		Var %	Produtiv (em kg/ha)		Var %	Prod (em milhões t)		Var %
	Safra 07/08	Safra 08/09		Safra 07/08	Safra 08/09		Safra 07/08	Safra 08/09	
Brasil/Grãos	47,4	47,6	0,3	3,0	2,8	-5,5	144,1	136,6	-5,2
Brasil/Soja	21,3	21,7	1,6	2,8	2,6	-5,5	60,0	57,6	-4
MT	5,6	5,8	2,4	3,1	3,0	-1,5	17,8	18,0	0,9

O incremento ocorreu basicamente nos principais estados produtores, como Mato Grosso (2,4%), Goiás (5,9%) e Paraná (2,3%), à exceção do Rio Grande do Sul, que reduziu sua área cultivada com soja em 1,2%. Apesar das expectativas iniciais de redução, devido ao custo de produção mais elevado no início da safra, a apresentação de uma melhor expectativa de mercado dessa commodity, aliado ao atraso no início do período de chuvas, fizeram com que os produtores dessas regiões optassem pelo plantio da soja em áreas de algodão e milho. Os estados de Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul continuam sendo os estados com a maior produção do país (CONAB, 2009).

Por tratar-se de um produto de alto teor protéico, a soja tornou-se a maior fonte de proteína vegetal no mundo e passou a fazer parte da importação de quase todos os países.

É um produto que gera recursos a milhares de produtores brasileiros e tem sido responsável pelo superávit da balança comercial do Brasil (GALLASSINI, 2002). Como toda cultura exótica, a soja começou com excelente sanidade, porém, com poucos anos de cultivo comercial, as doenças começaram a aparecer, passando a representar um dos principais fatores limitantes ao aumento e à estabilidade do rendimento (YORINORI, 2002). As perdas anuais de produção por doenças de soja são estimadas em torno de 15% a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar perdas de quase 100% (NUNES JÚNIOR, 2004).

A crescente demanda por alimentos pressiona a produção necessitando constantes inovações tecnológicas, em face da contínua pressão de fatores adversos à produção, tanto de origem bióticos quanto abióticos. As epidemias de fitopatógenos, a exemplo da recente ameaça da ferrugem asiática, ainda representa grande potencial de dano (GASSEN; BORGES, 2004).

2.3 Mercado de agrotóxicos

Os agrotóxicos têm sido usados ao longo da história da agricultura, devido a sua eficácia em controlar uma grande variedade de pragas, doenças e plantas daninhas que infestam as lavouras. Sem o uso desses produtos, a produção e a qualidade dos alimentos seria drasticamente afetada, além dos riscos de falta de alimentos e de promover alta nos preços. Entretanto, muitos questionamentos ainda são feitos sobre a necessidade da sua utilização para produzir alimentos. Entende-se que os questionamentos são importantes, como forma de promover melhorias e esclarecermos a sociedade (ANDEF, 2008).

Em outubro de 2008, constatou-se aumento de 35% nas vendas de agrotóxicos no Brasil, em relação ao mesmo período de 2007. Este mercado no Brasil totalizou R\$8,4 bilhões em 2008, contra US\$6,2 bilhões em 2007. Todas as classes de agrotóxicos apresentaram incremento nas vendas e os herbicidas foram os que mais cresceram (32,5%). Em seguida vieram os inseticidas (28,3%), herbicidas (23,5%), e acaricidas (5,4%), também, a classe 'outros' - que engloba antibrotantes, reguladores de crescimento, óleos minerais e espalhantes adesivos - apresentaram incremento (25,8%). A Figura 1 mostra a participação de cada segmento (SINDAG, 2008).



Figura 1 - Participação percentual das classes no valor das vendas de agrotóxicos, Estado de São Paulo, 2006 (Fonte: SINDAG, 2008).

A soja é a principal consumidora de agrotóxicos no Brasil, foi responsável, em 2006, por 38,5% do valor total das vendas. Em segundo lugar, aparece a cana-de-açúcar (12,6%), seguida de algodão herbáceo (10,3%), milho (7,5%), café (4,9%) e citros (4,2%), o que perfaz, somente essas seis culturas, 78,0% do valor comercializado nesse ano. Considerando-se as vendas para tratamento de sementes de soja, algodão e milho, a participação desse conjunto de culturas passa para 81,7% do valor total comercializado (FERREIRA; VEGRO; CAMARGO, 2008).

São Paulo se destacou como o maior estado consumidor de agrotóxicos, US\$ 808,2 milhões, (20,6% do valor das vendas nacionais), conforme pode ser visto na Figura 2 (SINDAG, 2008).

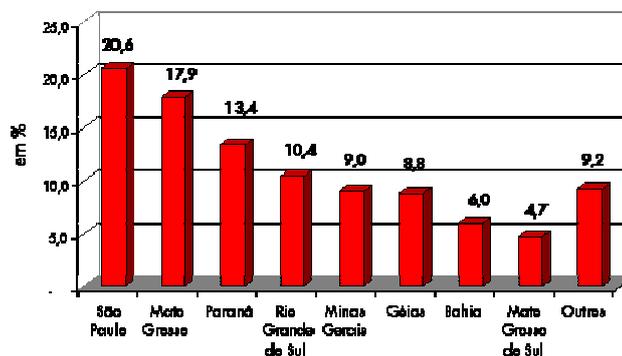


Figura 2 - Participação percentual dos estados no valor das vendas de agrotóxicos, Brasil, 2006 (Fonte: SINDAG, 2008).

Mathews (1984) apontava pragas, doenças e plantas invasoras como responsáveis por perdas da ordem de 50% da produção agrícola. De acordo com Pimentel et al. (1993), na década de 80 nos EUA, já estimava-se perda anual de 37% devido a problemas fitossanitários incontroláveis a despeito dos tratamentos realizados, sejam eles de origem química ou não. Considerando cada caso, as perdas chegaram a 13% devido a insetos, 12% a doenças e 12% a plantas invasoras. As perdas devidas às plantas invasoras foram avaliadas em 12 bilhões de dólares, sendo que os custos combinados das perdas com agrotóxicos aplicados sem resultados e a própria perda na produção atingiram a cifra de 18 bilhões de dólares anuais. Esses números confirmam a importância da tecnologia de aplicação e o montante de agrotóxicos utilizados, e de outro lado a expressão das perdas quando os fatores em questão não são adequados. Do ponto de vista técnico, em diversos países da Europa, seria possível reduzir 50% o consumo de agrotóxicos racionalizando seu uso. Para garantir esse objetivo, tem-se recomendado em larga escala o monitoramento do problema, o desenvolvimento de equipamentos mais eficientes, melhor regulação dos mesmos e utilização adequada das técnicas.

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: qualidade da água, agrotóxico, máquina agrícola (regulagem e operação), fatores climáticos, alvo biológico e eficiência de contato (absorção ao atingir o alvo). Segundo dados obtidos por Gandolfo (2002), falhas no treinamento dos aplicadores geram, em média, taxas de aplicação 18% maiores em 42% dos pulverizadores avaliados, chegando a um valor hipotético de US\$ 237 milhões em produtos desperdiçados em função deste baixo conhecimento.

A ferrugem é atualmente a doença mais importante na cultura da soja, principalmente devido à antecipação da desfolha e conseqüente deficiência na granação. Em algumas regiões do Brasil, nas safras 2002/03 e 2004/05, as perdas chegaram a quase 100% devido à agressividade do patógeno, erro no momento de aplicação e deficiência nas pulverizações (CAMARGO, 2005). Quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou no início de granação, pode causar aborto e queda dessas vagens. Na Austrália e na Índia, respectivamente, perdas de até 80 e 90% de produção foram registradas por Ono et al. (1992). Bromfield (1984) observou queda de produtividade de 70 a 80% em Taiwan, enquanto que Hartman et al. (1991) observaram queda de 10 a 40% na Tailândia, 10 a 90% na Índia, 10 a 50% no sul da China, 23 a 90% em Taiwan e 40% no Japão (SINCLAIR; HARTMAN, 1999).

A Embrapa Soja estimou que as perdas pela ocorrência de ferrugem asiática na safra 2005/2006 foram de aproximadamente 1,75 bilhões de dólares (EMBRAPA, 2007). Essa estimativa é resultante do somatório das perdas de rendimento de grãos pela ocorrência da doença e do incremento no custo de produção pela necessidade de aplicação de fungicidas. As perdas devido à ferrugem asiática variaram de 30 a 75% (YORINORI, 2002).

Quatro famílias de fungicidas são recomendadas para o controle de ferrugens, os triazóis, estrobilurinas, cloronitrilos e carboxamidas (BUTZEN et al., 2005a).

Na Ásia, pesquisas indicam que Mancozeb foi eficiente reduzindo a severidade da doença e protegendo a produção quando comparado com as parcelas sem tratamento (MILES et al., 2003; PATIL; ANAHOSUR, 1998). Na Índia e no sul da África ensaios com fungicidas identificaram vários triazóis eficientes contra ferrugem da soja (BUTZEN et al., 2005a). África e América do Sul apresentaram recentes estudos na África e na América do Sul têm observado que triazóis, bem como estrobilurinas e misturas de estrobilurinas + triazóis foram eficientes no controle da ferrugem da soja (HARTMAN et al., 2005; LEVY, 2004; MILES et al., 2003; BUTZEN et al., 2005a).

Segundo Butzen et al. (2005a) as chaves para o sucesso no manejo da ferrugem da soja incluem monitoramento do movimento da doença na área, eficiência no momento de aplicação, utilização de fungicidas com maior efeito residual, boa cobertura da aplicação e em muitos casos reaplicação. Nesse conceito, a tecnologia de aplicação tanto aérea como terrestre assume importante papel na eficácia de fungicidas para o manejo da ferrugem da soja (BUTZEN et al., 2005b).

2.4 Tecnologia de aplicação

Embora existam diversos métodos para manejo de doenças, o método mais comum é o controle químico com fungicidas. Seu uso é relativamente fácil se comparado a outros métodos, e freqüentemente propicia resultados rápidos e efetivos, tornando-se prática comum em todo o mundo (PRESTES, 2003).

O objetivo da tecnologia de aplicação é colocar a quantidade certa de ingrediente ativo no alvo desejado, com a máxima eficiência, da maneira mais econômica possível e sem afetar o ambiente. Refere-se à qualidade com que se faz o agrotóxico atingir o alvo desejado relacionando o tipo de equipamento utilizado, a qualidade de água, o momento da aplicação, as condições ambientais, o tipo de ponta, etc. (SILVA, 2004).

A aplicação correta pode melhorar sua eficácia biológica dos ativos e reduzir danos causados às culturas vizinhas, ao meio ambiente e ao homem. Essa aplicação é realizada, normalmente, utilizando pulverização hidráulica, que é definida como "processo mecânico de geração de gotas" (CORDEIRO, 2001; MATUO et al., 2001). As gotas são produzidas pelas pontas de pulverização, que também determinam a vazão e a distribuição do líquido pulverizado, sendo, portanto, o equipamento mais importante do pulverizador (BAUER; RAETANO, 2004).

A aplicação de fungicidas deve ser encarada como parte de um conjunto de medidas e não como a única forma de controlar doenças, só devendo ser adotada quando demais medidas não forem eficientes (KIMATI et al., 1997). Em função de seu espectro de ação, maior ou menor toxicidade, tenacidade e fitotoxicidade, os fungicidas devem ser recomendados e aplicados adequadamente.

Dentre as diferentes técnicas de aplicação de agrotóxicos, as que se baseiam na pulverização hidráulica são as mais difundidas, graças à flexibilidade que oferecem em distintas aplicações (TEIXEIRA, 1997). Existem vários tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, do tipo costal, utilizado em pequenas áreas, até os equipamentos mais sofisticados, como os pulverizadores de barra autopropelidos (TEWARI; MURALIKRISHNA; PANDYA, 1998; SCHLOSSER, 2000). Nesses equipamentos, as pontas de pulverização representam sem dúvida os principais componentes podendo garantir a qualidade e a segurança da aplicação.

Os bicos hidráulicos são os principais órgãos do pulverizador e tem por função formar gotas. Na maioria das vezes, a vazão do pulverizador é estabelecida pela vazão do bico; ou da somatória das vazões dos bicos, quando existirem vários. Em alguns casos, a vazão do pulverizador pode ser regulada por dispositivos específicos, assim, os bicos só ficam com a função formadora de gotas (MATUO, 1990). O que se chama genericamente de bico é o conjunto de peças colocadas no final do circuito hidráulico, através do qual a calda é emitida para fora da máquina. Esse conjunto é composto de várias partes, das quais a ponta de pulverização é a mais importante, regulando a vazão, o tamanho das gotas e a forma do jato emitido (CHRISTOFOLETTI, 1999a). A pressão na ponta é basicamente função das dimensões do orifício e a vazão é proporcional à raiz quadrada da pressão. Também, o tamanho médio das gotas produzidas por uma dada ponta varia aproximadamente com o inverso da raiz quadrada da pressão. Assim, qualquer mudança na vazão necessariamente mudaria a pressão das pontas e o espectro das gotas (BODE et al, 1972). Coutinho e Cordeiro (2004) reportam a importância da escolha do tipo de ponta no que se refere ao tamanho e uniformidade das gotas que deverão atingir o alvo. Mais importante do que jogar um determinado volume de calda por área é distribuir de maneira uniforme esta calda, certificando-se de que todas as partes receberam quantidades semelhantes do produto químico (RAMOS, 2000).

2.5 Qualidade na aplicação

Os fungicidas pertencentes ao grupo dos triazóis apresentam boa característica de penetração e translocação na planta, mas sua ação sistêmica está, em 99% dos casos, condicionada ao movimento via xilema (AZEVEDO, 2003). 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. A boa penetração de calda na massa foliar é fundamental para o controle de doenças fúngicas, principalmente aquelas que se iniciam no terço inferior das plantas, como na ferrugem da soja, por exemplo. A penetração através da cutícula e subsequente translocação dentro do tecido da planta é também importante para as substâncias de ação sistêmica (WIRTH et al., 1991).

O estudo das características dos alvos deve incluir a análise de movimentação das folhas, estágio de desenvolvimento, cerosidade, pilosidade, rugosidade, face da folha e arquitetura das plantas, fatores fundamentais para a definição da retenção das gotas nas folhas e na própria eficiência de penetração dos defensivos nos vegetais (ANTUNIASSI; BAIIO, 2004).

Antuniassi (2009) cita que umas características importantes para a definição das estratégias de controle quanto à tecnologia de aplicação é a maneira como os fungicidas sistêmicos se movimentam nas plantas da cultura após a aplicação e absorção. No mercado atual, a maioria dos fungicidas apresenta movimentação no sentido da base para topo de cada folha, com mínima chance de movimentação no sentido contrário e sem a possibilidade de translocação de uma folha para outra.

Para os produtos de contato ou de menor ação sistêmica, o uso de gotas menores e/ou maior volume de calda torna-se necessário, devido a maior dependência com relação à cobertura dos alvos. Os produtos sistêmicos podem ser aplicados com menor densidade de gotas permitindo o uso de gotas maiores, o que facilita a adoção de técnicas para a redução de deriva e melhora a segurança da aplicação aumentando a eficiência. Se usadas de maneira correta, gotas grandes proporcionam bom nível de depósito, mas não proporcionam boas condições de cobertura e penetração (ANTUNIASSI, 2005; ANTUNIASSI, 2006).

A pulverização com intenção de molhar a folha ainda é muito praticada atualmente, mas a retenção de produto nas folhas é menor quando começa o escoamento. Na prática, o usuário usa o mesmo volume para uma grande variedade de pragas e para vários estádios da cultura (MATTHEWS, 1982; CHAIN, 2004).

O tamanho das gotas geralmente é expresso em micrometros (μm) que equivalem a 0,001 mm. O micrometro é uma unidade de medida apropriada porque é tão pequena, que permite expressar o tamanho de gota em cifras inteiras (SPRAYING SYSTEMS CO., 1999). O espectro de gotas é a classificação por classes de tamanho em percentagem de volume ou de número de gotas, sendo que se deve buscar homogeneidade das gotas. A pulverização também é caracterizada por um número que representa o diâmetro mediano das gotas, podendo ser estudado como diâmetro mediano volumétrico ou diâmetro mediano numérico. A densidade de gotas é expressa pelo número de gotas por unidade de área, correspondendo a quantidade de produto ativo depositado sobre o alvo (VELLOSO et al., 1984).

Segundo Matthews (1992), as pulverizações apresentam espectro com grande número de gotas que, na maioria das vezes, possuem diâmetro inferior a $500\mu\text{m}$. O tamanho de gotas, massa ou volume obtido por intermédio do diâmetro tem grande importância para os agrotóxicos, tanto com relação à eficácia de aplicação como no sentido de reduzir os riscos de contaminação ambiental. A tendência é de aplicações com volumes e diâmetros menores, buscando-se maior cobertura e penetração na folhagem. O espectro de pulverização de uma ponta no geral é composto de um grande número de gotas de tamanhos diferentes.

Nota-se a utilização de técnicas que requerem menor volume de aplicação visando diminuir o custo e o aumento da rapidez do tratamento, principalmente em relação ao uso de água (MATUO, 1990). A redução dos custos operacionais obriga o desenvolvimento de novas tecnologias. A redução dos volumes de pulverização é um dos pontos mais preocupantes (SANTOS, 1992).

A qualidade da cobertura e a eficiência biológica da aplicação estão na dependência direta do diâmetro das gotas. Numa pulverização, o diâmetro de gota influencia o nível de cobertura e também estabelece o seu comportamento quanto à distância de deslocamento (deriva), penetração na folhagem, perda por evaporação e, conseqüentemente, taxa de recuperação. Muitos estudos foram realizados para definir o tamanho adequado de gotas para os diferentes tipos de aplicação. Trabalhos de laboratório com equipamentos que produzem gotas mais uniformes e posteriores ensaios e observações de campo auxiliam nas informações que servem de orientação quando se pretende selecionar o tipo e a condição de

aplicação (CHRISTOFOLETTI, 1988). A seleção do diâmetro das gotas influencia também na distribuição da calda aplicada sobre o alvo a tratar (inseto, planta ou solo).

Antuniassi et al. (2004) mostram que, mesmo em volumes de aplicação diferentes (100 L ha^{-1} e 150 L ha^{-1}) é possível estabelecer uma boa cobertura na planta usando gotas finas. Para McNichol et al., (1997), diretamente relacionado ao alvo, está a definição de parâmetros como volume de aplicação e tamanho de gotas. A definição do volume de calda depende do tipo de alvo a ser atingido, da cobertura necessária, da forma de ação do defensivo e da técnica de aplicação dentre outros fatores. O volume de calda influencia também na eficiência operacional da aplicação, pois o tempo gasto nas atividades de reabastecimento altera significativamente a capacidade operacional dos pulverizadores (número de hectares tratados por hora).

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). Christofolletti (1992) e Santos (1992) citam 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.

Os resultados das aplicações podem ser altamente variáveis. Em geral, o grau de sucesso é determinado pela intensidade e uniformidade da cobertura. A eficácia do tratamento depende não apenas da quantidade de material depositado sobre a vegetação, mas também da uniformidade de cobertura do alvo (MCNICHOL et al., 1997). Entretanto, a necessidade de cobertura do alvo de aplicação ainda não está completamente elucidada. Ozeki e Kunz (1996) ressaltam que a qualidade da cobertura está na dependência direta do diâmetro de gotas. A cobertura necessária para o controle efetivo de doenças diverge entre pesquisadores. Uma densidade de 30 a 50 gotas.cm⁻² é suficiente para a eficiência dos fungicidas sistêmicos. Christofolletti (1999b) aponta a necessidade de se trabalhar com 30 a 40 gotas.cm⁻². Marochi e Schmidt (1996) citam uma densidade de 50 a 70 gotas/cm² como adequada para esses fungicidas. Segundo Antuniassi et al. (2004), os produtos sistêmicos direcionados às folhas poderiam ser aplicados com menor densidade de gotas, permitindo o uso de gotas maiores. Isto facilitaria a adoção de técnicas para a redução de deriva, melhorando a segurança da aplicação e aumentando a eficiência operacional das mesmas.

Neste sentido, Bonelli (2006) obteve resultados similares na aplicação de um fungicida sistêmico com o uso de gotas finas e gotas médias.

Wirth et al. (1991) constataram que, para se obter a máxima eficiência nas pulverizações, todas as operações devem ser feitas com a máxima precisão possível. O transporte de ingrediente ativo inicia-se com o preparo da solução, seguido pelo ato da pulverização e continua durante a trajetória e impacto das gotas na superfície da folha. Conforme Antuniassi (2009) a definição de parâmetros como o tamanho das gotas e volume de aplicação depende diretamente da relação alvo/agrotóxico. A escolha de um sistema de aplicação deve ser pautada na avaliação das características de cada alvo e nos parâmetros de desempenho esperado de cada tecnologia (ANTUNIASSI, 2008).

Dentre diversos fatores limitantes, a aplicação de agrotóxicos sofre grande influência das condições do ambiente. Os principais fatores são a temperatura, a umidade relativa do ar, do solo, a velocidade e direção do vento, o orvalho e a ocorrência de chuvas após a aplicação devido a lavagem do princípio ativo.

O sucesso de um programa de tratamento fitossanitário depende da utilização de produto de eficiência comprovada, tecnologia desenvolvida para sua aplicação, ao momento de sua realização e à influência dos fatores meteorológicos, biológicos e agrônômicos (OZEKI; KUNZ, 1998a; RAMOS, 2000; PRADO; YORINORI, 1999). É notável o aumento do custo de produtos químicos, mão de obra e da energia, além da preocupação em relação à poluição ambiental que é cada vez mais crescente (VELLOSO, 1983). Nesse contexto, Velloso et al. (1984), Matuo (1998) e Ramos (2000) enfatizam as necessidades de tecnologias mais acuradas, na aplicação do produto no local e momentos adequados.

Zambolim e Conceição (2005) relatam que o uso adequado de agrotóxicos requer o reconhecimento de diversos fatores, como o agente causal e seu potencial, espécie de planta, perdas com a doença e custo-benefício, além de outros fatores para não se colocar em risco o homem e o ambiente.

O uso indiscriminado de compostos químicos pode causar diversos problemas, dentre eles, desvios metabólicos nas plantas e redução dos componentes bióticos. O desconhecimento dos efeitos colaterais dos agrotóxicos gera maior necessidade desses produtos devido aos desequilíbrios biológicos (KIMATI et al., 1997; TOKESHI, 2000; FRIGHETTO,

2000). Além de controlar os organismos alvo, muitos agrotóxicos atingem também organismos não alvos por ter como destino final o solo ou a água. A contaminação do solo tem provocado grande impacto aos organismos não-alvo, principalmente aqueles que degradam a matéria orgânica e melhoram a fertilidade do solo (CHAIN, 2004). Muitas vezes, esses produtos causam desequilíbrios favoráveis à reincidência ou aparecimento de pragas e doenças (TOKESHI, 2000; FRIGHETTO, 2000). Além das recomendações já existentes, devem ser também observadas a manipulação e aplicação desses produtos (KIMATI et al., 1997). O uso indiscriminado torna-se um sério risco à saúde humana e ambiental, por isto é importante reduzir as perdas na aplicação através do aumento na eficiência das operações de pulverizações. As gotas pequenas derivam para além da área alvo, enquanto as grandes tendem a escorrer da superfície alvo e cair no solo. A eficácia de uma pulverização não depende somente da quantidade, mas também da distribuição no alvo (SALYANI; HEDDEN; EDWARDS, 1987).

Chuva e orvalho são fatores climáticos que requerem atenção no momento do planejamento das aplicações. No caso da chuva, é recomendada a observação do intervalo mínimo de tempo entre a aplicação e a ocorrência da chuva, visando permitir o tempo mínimo para a ação dos produtos. No caso do orvalho, a presença de água nas folhas quando das aplicações noturnas (madrugada) e ou no início da manhã pode causar interferência na técnica de aplicação (QUANTICK, 1985). Segundo Antuniassi (2009) os problemas podem ocorrer tanto pela diluição do produto como por um eventual escorrimento, em virtude do excesso de água e da ação dos espalhantes contidos nas caldas. Entretanto, existem situações, dependendo da técnica empregada e do tipo do defensivo utilizado, em que a ação do orvalho pode ser benéfica.

O sucesso da aplicação de um agrotóxico está condicionado à adequação da tecnologia de aplicação e às condições climáticas no momento em que ela é feita. Para a maioria dos casos, devem ser evitadas aplicações com umidade relativa inferior a 50% e temperatura ambiente maior que 30°C. No caso do vento, o ideal é que as aplicações sejam realizadas com vento entre 3 e 10 Km/h. Ausência de vento também pode ser prejudicial, em função da chance de ocorrer uma inversão térmica, o que dificulta a deposição das gotas pequenas (ANTUNIASSI, 2009).

No que diz respeito a tamanho de gota e volume de calda, muitas vezes é recomendável a utilização de gotas finas nessas condições ambientais. Para isso, é necessário

um monitoramento das condições ambientais com o passar das horas do dia, pois, no caso de haver um aumento considerável da temperatura (com redução da umidade relativa), o padrão de gotas precisa ser mudado (passando-se a usar gotas maiores). Neste caso, o volume de aplicação, poderá também ser aumentado para não haver efeito negativo na cobertura dos alvos (QUANTICK, 1985).

A deriva é o movimento de uma ou várias partículas no ar, durante ou depois da aplicação, para um local diferente do planejado em uma pulverização, é frequentemente associada com o movimento físico das gotas pulverizadas para fora do local designado na hora de aplicação (OZKAN, 2000; SCHRÖDER, 2003; OZEKI, 2006). Na maioria dos casos, esse movimento é limitado às extremidades da área ou próximo a ela ou áreas mais distantes. A distância de arrasto está em função de diâmetro das gotas, velocidade do vento, altura do lançamento e densidade do produto (OZEKI; KUNZ, 1998b).

No caso de aplicações aéreas, pode ocorrer a deriva aerotransportada, as gotas menores podem ser deslocadas a milhares de metros e se depositar em locais não almejados. Em alguns casos, essa deriva acontece até dias depois que a aplicação foi feita (OZKAN, 2000).

A deposição adequada ou a habilidade de se aplicar corretamente um produto, a fim de se obter o máximo efeito, com o mínimo ou nenhum efeito colateral, permite um resultado a um custo relativamente baixo e eficaz. Deve-se considerar o tipo de formulação a aplicar, os adjuvantes ou veículos a serem empregados, a compatibilidade dos produtos quando aplicados em mistura e o número sucessivo de aplicações necessárias durante o ciclo vegetativo de uma cultura (SANTOS, 1988).

Prestes (2003) e Salyani et al. (1987) relataram que o uso inadequado dos produtos fitossanitários torna-se um sério risco ao ambiente, à saúde humana e animal. Segundo Salyani et al. (1987), é importante reduzir as perdas nas aplicações através do aumento na eficiência das operações de pulverizações. As perdas envolvidas entre o transporte e o impacto das gotas contribuem para a ineficácia das aplicações. As gotas pequenas derivam para além da área alvo, enquanto as grandes tendem a escorrer da superfície alvo e cair no solo.

Evolutivamente, Zambolim e Conceição (2005) afirmaram que o controle químico de doenças de plantas passou por grandes avanços tecnológicos, dentre eles, a diminuição de toxicidade, especificidade de produtos, maior translocação das moléculas

(sistêmicas) e menor persistência no ambiente. Nota-se também, evolução tecnológica das máquinas e pontas destinadas à aplicação desses fungicidas, promovendo cobertura eficiente no alvo biológico e menor volume de calda por área de aplicação assistida para determinadas moléculas. Adicionalmente, Ghran-Bryce citado por Hall (1993) afirma que a eficiência dos produtos modernos ainda é desperdiçada durante o processo de aplicação.

2.6 Adjuvantes e efeito de chuva na aplicação

A água é considerada solvente universal para moléculas polarizadas e o veículo mais importante na aplicação de agrotóxicos. Entretanto, devido à elevada tensão superficial ($72,6 \text{ mN m}^{-1}$), apresenta baixa capacidade de retenção quando aplicada à cutícula das plantas (MONTÓRIO, 2001).

O sucesso de um fungicida não depende apenas de sua fungitoxicidade, mas também de sua aderência, tenacidade, persistência e fundamentalmente da tecnologia de aplicação utilizada (SANTOS et al., 2002). A qualidade (espectro de gotas) e quantidade (densidade de gotas) do fungicida pulverizado, depositado e aderido às partes vegetais através das gotas de pulverização deverão resultar em uma distribuição uniforme e homogênea da quantidade recomendada do ingrediente ativo.

Os adjuvantes são substâncias ou compostos sem propriedades fitossanitárias que são adicionados a calda de agrotóxico, para facilitar a aplicação, aumentar a atividade biológica do ingrediente ativo, controlar melhor potenciais riscos de deriva e perdas por chuva, diminuir a exposição do trabalhador ou a contaminação do meio ambiente e melhorar economicamente a aplicação dando maior eficiência aos tratamentos iniciais. O líquido penetra efetivamente e atinge a cutícula e facilita a penetração da calda entre as ranhuras diversas, hifas de fungos e teias de ácaros (UNDERWOOD, 2000; AZEVEDO, 2001). Aumentam ainda a eficiência e diminuem os riscos das aplicações (CRUZ-FILHO; CHAVES, 1979).

As características de um fungicida são fatores determinantes dentro de uma série de variáveis que determinam a efetividade de um produto (OLIVEIRA et al., 2002). A quantidade de produto que adere à folha durante a pulverização e a quantidade de

material que permanece na folha após a ação de intempéries são os principais fatores que determinam a quantidade de resíduo ativo nas superfícies foliares para um efetivo controle dos fitopatógenos (RICH, 1954).

Witt (2001) define como adjuvante agrícola qualquer substância acrescentada ao tanque de pulverização que melhore o desempenho da aplicação. Segundo Ozeki (2006), é qualquer produto inerte adicionado à calda de pulverização que tenha como objetivo aumentar a eficiência biológica dos ingredientes ativos, melhorando a aderência sobre a superfície e aumentando a absorção foliar.

Segundo Kogan e Pérez (2003), os surfactantes se concentram e produzem trocas físicas na superfície dos líquidos e essas trocas podem ocorrer na interface entre dois líquidos, entre um líquido e um gás ou um líquido e um sólido.

O surfactante atua reduzindo a tensão superficial da água na superfície da gota e reduzindo a tensão interfacial entre a gota e a superfície da folha (WITT, 2001). É responsável pela forma esférica das gotas pulverizadas. A capacidade de um líquido de molhar ou espalhar-se sobre uma superfície sólida (molhamento) dependerá da tensão superficial de cada fase e da tensão superficial da interface (KOGAN; PÉREZ, 2003).

A tensão superficial é variável de líquido para líquido, e depende também dos solutos, podendo ser afetada também por pressões externas (KISSMANN, 1997). Segundo Kogan e Pérez (2003), é definida como a tendência de as moléculas dessa superfície de um líquido serem atraídas para o centro do corpo, através das forças de coesão entre as moléculas da superfície.

Um grupo que tem sido muito estudado nos últimos anos é o dos surfactantes organossiliconados. Esses surfactantes têm sido usados com diferentes defensivos para melhorar a molhabilidade e o espalhamento da calda, incrementando a absorção de ingredientes ativos (ALBERT; VICTORIA FILHO, 2002). Assim, o produto aplicado consegue deslizar pelas aberturas dos estômatos na superfície foliar.

Tu e Randall (2003) afirmam que os ativadores influenciam nas propriedades físicas e químicas da solução pulverizada, inclusive na tensão superficial, na densidade, na volatilidade, na solubilidade e trabalham, principalmente, para aumentar a atividade de herbicidas, freqüentemente aumentando as taxas de absorção na planta.

Estudos de Curran et al. (1999) mostraram que os fertilizantes nitrogenados têm sido freqüentemente acrescentados à calda de pulverização como adjuvante, facilitam a penetração foliar mediante a um mecanismo diferente da redução da tensão superficial e nem sempre seu uso traz consigo maior eficácia do defensivo. Podem substituir surfactantes ou óleos vegetais em alguns herbicidas de contato.

Os adesivos podem executar três tipos de funções: aumentar a adesão ou “viscosidade” de partículas sólidas, reduzir evaporação do defensivo e formar uma camada impermeável. Se um defensivo for razoavelmente solúvel em água, pode ser lavado da folha durante chuvas pesadas. Se o adesivo não for solúvel em água, pode prover um grau de proteção, de forma a não se perder este produto (Witt, 2001).

Os espessantes aumentam a viscosidade da calda a ser aplicada e diminuem a deriva ou a evaporação, principalmente com defensivos sistêmicos (HOCK, 1998). Aumentam o tamanho da gota comum ou diâmetro mediano volumétrico (DMV), resultando em menos gotas por centímetro quadrado na superfície da folha. A necessidade para reduzir a deriva, particularmente perto de locais sensíveis pode muito bem abrir precedência em cima de pequenas reduções em eficácia (WITT, 2001).

A cutícula é a primeira barreira para qualquer produto químico, e é extremamente variada entre espécies de diferentes plantas. É coberta com cera e esta cera é o principal constituinte que restringe o movimento do produto na folhagem das plantas. As superfícies com alta cerosidade são menos permeáveis à água e à maioria dos produtos pulverizados (CURRAN et al., 1999). Diversos autores concordam que a aplicação foliar de herbicidas com adjuvantes ativadores resulta em uma maior retenção do produto pulverizado pelas folhas das plantas daninhas, obtendo-se uma maior absorção do herbicida através da superfície foliar.

Historicamente, a chuva sempre foi uma das maiores causas de perdas e responsável pela degradação acelerada dos depósitos de fungicidas sobre vegetais. Observações demonstraram que uma única chuva forte remove muito mais fungicida da superfície foliar do que várias chuvas fracas de mesmo volume (WEBER et al., 1937).

Segundo Witt (2001) e Azevedo (2003), os óleos emulsionáveis aumentam a penetração de alguns defensivos pela camada encerada da cutícula numa superfície foliar e, assim, aumenta a taxa de penetração. São óleos não fitotóxicos, acrescidos

de emulsificantes e outros componentes e têm grande uso como adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. Esses óleos apresentam os seguintes efeitos: molhante (por terem afinidade com as ceras que recobrem superfícies vegetais, corpos de pragas, especialmente os que apresentam cutícula ou excreções cerosas, micélios de fungos, etc.); espalhante (pela baixa tensão superficial dos óleos, mais o efeito hipotensor dos emulsificantes, formam-se filmes contínuos sobre as superfícies, arrastando consigo os produtos dissolvidos ou emulsionados); penetrante (pela baixa tensão superficial, penetram em pequenos interstícios, inclusive se infiltram sob a carapaça de cochonilhas, entre excreções cerosas no corpo de pragas, entre micélios de fungos e nos espaços entre plaquetas cerosas na cutícula de superfícies vegetais); antievaporante (gotículas de água emulsionadas com óleo evaporam mais lentamente, facilitando a absorção de produtos hidrossolúveis); e adesividade (óleos têm maior permanência sobre as superfícies vegetais).

Óleos vegetais não são misturas de óleos vegetais de algodão, soja, girassol, milho e canola com surfactantes. Geralmente, apresentam uma cadeia carbonada de 16 a 18 carbonos e, por serem altamente refinados, não são fitotóxicos. A partir dos óleos vegetais podem ser produzidos os óleos metilados. Mediante reações com álcoois para formar ésteres, ao serem combinados com um surfactante, formam um óleo metilado. Os óleos metilados reduzem a tensão superficial e aumentam a absorção de certos defensivos ao melhorar sua distribuição sobre a superfície foliar. Os óleos metilados são mais caros que os óleos vegetais e os óleos minerais, e seu uso ainda não está generalizado (CONTIERO, 2005).

Existem também os óleos minerais, que são a mistura de 95% a 98% de óleos de parafina (não fitotóxico) com 2% a 5% de surfactante não-iônico. O propósito do surfactante nesta mistura é emulsionar o óleo na solução pulverizada e abaixar a tensão superficial. Acredita-se que os óleos minerais promovam a penetração dos defensivos e aumentando a cobertura da pulverização e a absorção através da cutícula encerada e na carapaça dos insetos. Também podem chegar a diminuir a volatilidade e a fotodegradação de alguns defensivos (CURRAN et al., 1999). Atualmente, estão disponíveis os óleos concentrados ("crop oil concentrate"), com uma concentração maior de surfactante (15% a 20%), os quais são utilizados a uma concentração de 1% v/v. Óleos minerais são muito utilizados como inseticidas, no caso de cochonilhas. Segundo a Petrobras Distribuidora

(2006), o óleo mineral OPPA-BR-CE age eficazmente no controle das cochonilhas de carapaça, matando-as por asfixia.

Vários fatores afetam a relação chuva e agroquímicos, mas os mais importantes são a intensidade da chuva, quantidade de chuva, intervalo de tempo entre o tratamento e a chuva, a formulação comercial dos agrotóxicos, a solubilidade do produto em água e o tipo de cultura (CABRAS et al., 2001; GREEN, 2001).

Em estudos de lavagem pela chuva realizados por Debortoli (2008), a chuva simulada afetou negativamente o controle da ferrugem asiática, principalmente quando não foi utilizado adjuvante juntamente com o fungicida. A ocorrência de chuva aos 0 e 30 minutos após a aplicação dos tratamentos, provocou a maior influência sobre a eficiência de controle da doença. Os dados demonstram que o efeito negativo da lavagem pela chuva está diretamente ligado ao intervalo entre a aplicação e a ocorrência da chuva.

Para Holloway (1970), as propriedades físico-químicas da superfície cuticular determinam a molhabilidade e representam a primeira barreira para a penetração das substâncias aplicadas, influenciando na deposição, distribuição e retenção dos produtos. Holly (1976) afirma que as propriedades físicas da calda também afetam a molhabilidade. Byers et al. (1984) afirmam que, a deposição e a distribuição dependem da deriva, tamanho das gotas, velocidade e deslocamento do pulverizador, vento, tipo de equipamento utilizado, combinação de pontas no pulverizador, velocidade e distância do pulverizador até o alvo.

As características de um fungicida são fatores determinantes dentro de uma série de variáveis que determinam a efetividade de um produto. A quantidade de produto que adere à folha durante a pulverização e a quantidade de material que permanece na folha após a ação de intempéries são os principais fatores que determinam a quantidade de resíduo ativo nas superfícies foliares para um efetivo controle dos fitopatógenos (RICH, 1954). A chuva é considerada como o maior depreciador de depósitos fungicidas sobre a superfície foliar. A estratégia do uso de aditivos à calda fungicida pode melhorar a ação de certos fungicidas sensíveis à ação de intempéries, por propiciar melhor aderência à superfície foliar e ainda, elevar a sua persistência (tenacidade), principalmente sob ação da chuva (SUHERI; LATIN, 1991). Segundo Tracker e Young (1999) a chuva natural modifica os depósitos de agrotóxicos em plantas por diluição, redistribuição e por remoção.

Segundo Hunsche (2006) a aplicação foliar de fungicidas é um processo crítico na agricultura moderna. Um dos fatores para o sucesso do tratamento fitossanitário depende da retenção de ingrediente ativo na folha e da resistência do depósito de ativo a fatores adversos como a chuva. A retenção e a tenacidade são influenciadas por características físico-químicas da superfície da folha, que podem ser intrínsecas de cada cultura ou cultivar (REYNOLDS et al., 1994).

Bonelli et al. (2005) avaliaram diferentes equipamentos com relação ao tamanho de gotas (fina e muito fina) com e sem óleo em adição ao flutriafol em aplicações aéreas para controle da ferrugem da soja. Todos os tratamentos mantiveram a doença abaixo ou próximo a 1% de severidade. A análise residual do flutriafol mostrou que as folhas dos tratamentos com óleo apresentaram maior concentração do ativo, o que deixa a aplicação mais tolerante à ocorrência de chuvas. Os resíduos dos produtos foram semelhantes quanto a tecnologia de aplicação, sem diferenças marcantes entre os tratamentos.

Em estudos realizados por Antuniassi et al. (2005) também foi observada maior concentração de fungicida nas folhas em tratamentos utilizando óleo na calda em aplicações na cultura da soja. Entretanto, não houve diferença no controle de ferrugem e produção entre estes tratamentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

Os trabalhos foram realizados no Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais (NEMPA), do Departamento de Engenharia Rural e Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), do Departamento de Produção Vegetal, ambos da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Fazenda Experimental Lageado, localizada no município de Botucatu (SP), apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros.

Os vasos foram preparados e conduzidos em estufa no NEMPA, enquanto as aplicações e as análises laboratoriais foram realizadas no NUPAM. Também foram realizadas avaliações no Laboratório de Análises do Tamanho de Partículas (LAPAR), do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP – Jaboticabal/SP.

3.2 Preparo dos vasos

Foram coletadas 10 amostras simples do solo a serem utilizadas para compor uma amostra. O solo foi misturado utilizando-se dois baldes, e após homogeneizado, foi

retirada uma amostra. O solo utilizado pertence a descrição de perfis da Unidade Patrulha, conforme Carvalho et al. (1983), correspondendo a um Latossolo Vermelho Escuro Álico, textura média, atualmente denominado Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 1999). Este solo apresenta suas características químicas (Anexo 1) de acordo com a metodologia descrita por Raij et al. (2001), seguindo a rotina do Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos – Área de Ciência do Solo/FCA-UNESP - Botucatu-SP.

O solo foi adequadamente peneirado para se obter uma maior uniformidade de granulometria utilizando-se a peneira malha de 4 mm e logo após, acondicionado nos vasos. Em função dos resultados da análise química do solo, a saturação por bases foi elevada a 50% (RAIJ et al., 1997) através da aplicação de 17,69 g/vaso de calcário mineral (PRNT de 91%), com antecedência de 20 dias (RAIJ et al., 1997) da instalação do experimento, simulando as condições de campo. Cada vaso recebeu água para manutenção do solo na capacidade de campo, conforme Oliveira et al. (2008).

A adubação para semeadura foi realizada com fósforo ($P = 20,4 \text{ g vaso}^{-1}$), Nitrogênio ($N = 0,9 \text{ g vaso}^{-1}$) e Potássio ($K = 0,7 \text{ g vaso}^{-1}$). O calcário e esses nutrientes foram incorporados com o auxílio de uma betoneira. Aos 14 d.a.e. foi feita uma adubação de cobertura com micronutrientes, que foi repetida aos 21 e 40 dias após emergência.

Aos 14 d.a.e. foram utilizados os seguintes micronutrientes: ácido bórico (B): $0,019 \text{ g vaso}^{-1}$; sulfato de cobre (Cu): $0,092 \text{ g vaso}^{-1}$; sulfato de manganês (Mn): $0,123 \text{ g vaso}^{-1}$; sulfato de zinco (Zn): $0,2 \text{ g vaso}^{-1}$ e uréia: $0,9 \text{ g vaso}^{-1}$. Aos 21 d.a.e.: cloreto de cálcio (KCl): $0,7 \text{ g vaso}^{-1}$ e uréia: $0,09 \text{ g vaso}^{-1}$ e aos 35 d.a.e: cloreto de cálcio (KCl): $0,7 \text{ g vaso}^{-1}$ e uréia: $0,9 \text{ g vaso}^{-1}$, preservando a ordem de mistura no preparo da adubação.

Para facilitar a pesagem dos micronutrientes, devido a baixa quantidade por vaso, foi feita uma pesagem total para os 400 vasos e em seguida preparada uma solução em água. Dessa solução foi retirada a quantidade de 6,60 ml para cada vaso, com o auxílio de uma micropipeta (Figura 3c).

As sementes de soja (cultivar Conquista) foram semeadas e as plantas cultivadas em vasos plásticos com volume interno de 8 L. Foram dispostas oito sementes por vaso com desbaste de quatro plantas 15 d.a.e. Os vasos foram mantidos em estufa (Figura 3b,d), com irrigação uniforme três vezes ao dia até o momento das aplicações, que ocorreram

com a soja no estágio R1. Anteriormente a aplicação, todos os vasos foram mantidos em uma câmara climatizada, por 72 h (Figura 4) para excluir qualquer desuniformidade de condições ambientais antes e durante os tratamentos. Essa câmara foi programada na alternância de 14 e 10h de claro/escuro, umidade relativa de 60% dia e 75% noite e temperatura de 27 °C dia e 22 °C noite (mais ou menos 1%/1 °C).

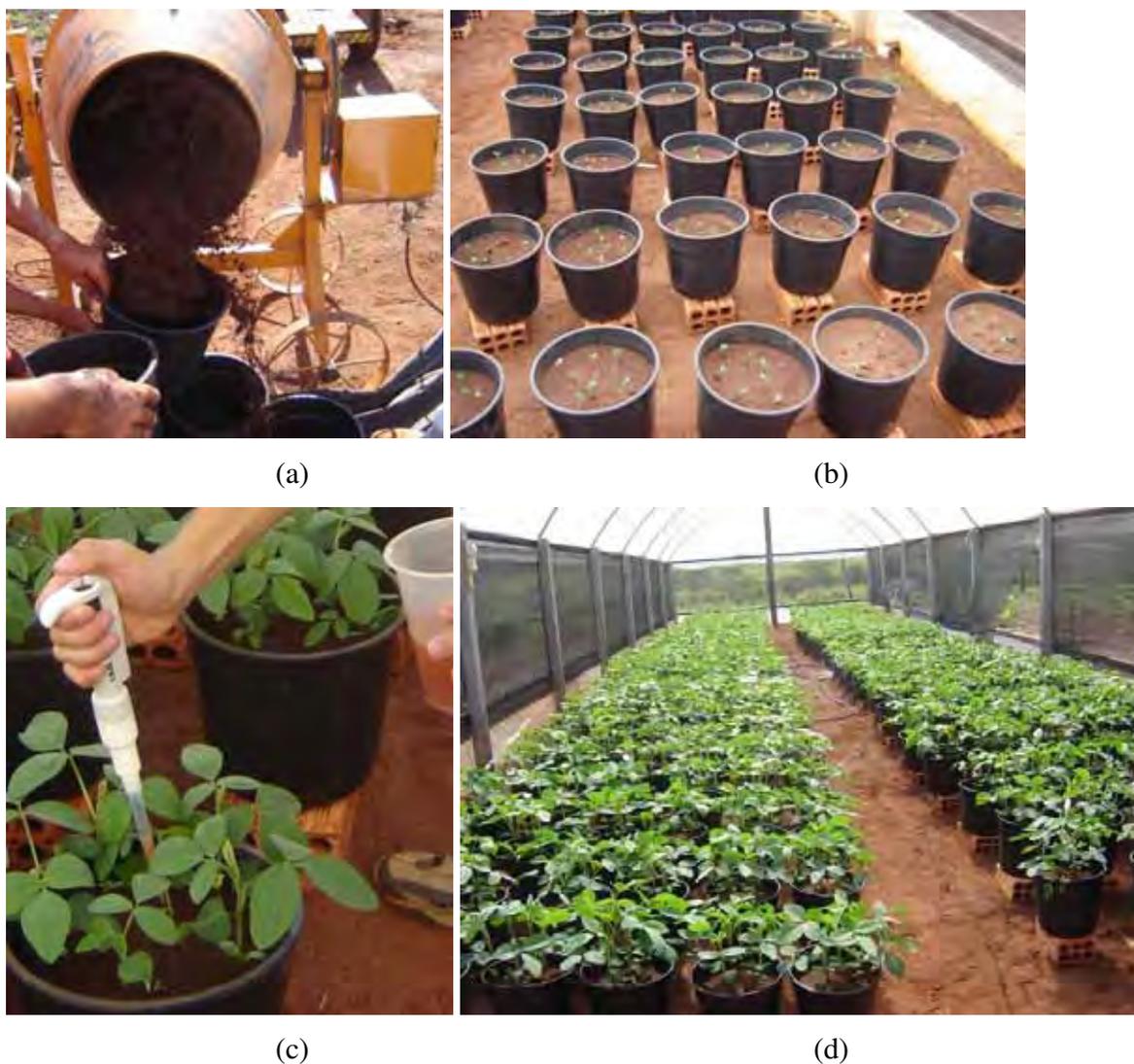


Figura 3 - Preparo e condução dos vasos: adubação de sementeira (a), emergência (b), adubação de cobertura (c), crescimento inicial das plantas (d).



(a)



(b)

Figura 4 - Câmara climatizada. Painel de controle (a) e disposição dos vasos no interior da câmara (b).

3.3 Aplicação das caldas e simulação da chuva

Utilizou-se um simulador especialmente projetado para representar todos os parâmetros e configurações de um equipamento terrestre convencional (Figura 5), o qual também possibilita a simulação de lâminas de chuva mediante o uso de pontas de pulverização especiais, com jato plano e gotas grossas. Tal equipamento, pertencente ao NUPAM, constitui-se de uma estrutura metálica com 3 m de altura por 2 m de largura, que permite acoplamento de um "carrinho" suspenso a 2,5 m de altura. A esse carrinho encontram-se acopladas duas barras de pulverização: uma responsável pelo sistema de simulação de chuva e a outra pelo sistema de pulverização de defensivos agrícolas, as quais se deslocam por uma área útil de 6 m² no sentido do comprimento do equipamento (VELINI, 2006)¹.

O tracionamento de ambas as barras foi realizado por meio de correntes e engrenagens, com o auxílio de um motor elétrico, cujo ajuste foi feito por um modulador de frequência, permitindo a obtenção de velocidade constante previamente determinada (Figura 6). O líquido a ser pulverizado fica contido em um recipiente com capacidade de 2 L. A movimentação da barra foi feita por um conjunto moto-redutor acionado por um variador de frequência, no qual pode-se ajustar a velocidade de deslocamento e o sentido da pulverização (Figura 6).

(VELINI, 2006)¹ - Edivaldo Domingues Velini – Comunicação pessoal.



Figura 5 - Simulador utilizado para aplicação das caldas e das lâminas de chuva. Detalhes do trilho suspenso (a) que movimenta a estrutura de suporte da barra pulverizadora com os bicos de pulverização (b) e os bicos de simulação de chuva (c).



(a)



(b)

Figura 6 - Detalhes da pressurização, garrafa de depósito da calda e sistema de regulagem de altura da barra pulverizadora (a) e disposição dos vasos junto ao simulador no momento da pulverização (b).

A movimentação da barra iniciou-se a 1,5m de distância dos primeiros vasos a fim de estabilizar a uniformidade de pulverização, mantida fixa para todas as aplicações em 3,6 km/h. As pontas XR 11001 foram mantidas com espaçamento de 50 cm e altura do topo das plantas de 50 cm. (Figura 7). A vazão utilizada foi de $0,38 \text{ L min}^{-1}$, a uma taxa de aplicação de $126,7 \text{ L ha}^{-1}$, com pressão de 310 Kpa (45 libras por polegada quadrada). A umidade e temperatura no momento das aplicações variaram de 25 a 27 °C e 73 a 83%, respectivamente.



Figura 7 - Disposição das pontas XR 11001 (gotas finas), utilizadas para a pulverização (a) e características de depósito da folha pulverizada (b).

Imediatamente após a aplicação, o primeiro lote de plantas foi submetido à chuva de zero hora. Em seguida as plantas foram cortadas, colocadas em sacos plásticos (Figura 8) e lavadas por 3 minutos em 200 ml de água destilada.



Figura 8 - Preparo das plantas para a lavagem: corte da planta (a), empacotamento (b), adição da água destilada (c), agitação para a extração do fungicida (d).

Para a coleta das soluções resultantes das lâminas de chuva aplicadas os vasos foram encapados com sacos plásticos (40x60cm), deixando-se exposta

apenas a parte aérea das plantas (Figura 9). Posteriormente, os vasos foram colocados dentro de bacias (0,70 m d) também recobertas com sacos plásticos de 0,9x1,20m.



(a)



(b)

Figura 9 - Proteção dos vasos (a) e das bacias (b) com sacos plásticos.

A simulação da chuva foi feita utilizando-se uma bomba hidráulica de pressão constante e acionamento automático (Figura 10), a qual bombeia água armazenada de um reservatório, com capacidade para 1.000 L, até a barra e pontas de pulverização responsáveis pela formação de gotas de chuva. A barra de simulação de chuva situada a 1,45 m de altura em relação à superfície das unidades experimentais foi constituída por três bicos de pulverização TK-SS-20 (Jato Plano Defletor) de alta vazão, espaçados de

0,5 m e posicionados de forma a propiciar maior uniformidade de precipitação na área aplicada



(a)



(b)

(c)

Figura 10 - Disposição dos vasos (1 repetição) para a primeira chuva (a), detalhes das pontas de jato plano defletor (gotas grossas), utilizadas para a simulação da chuva (b) e detalhe das gotas de chuva sobre as folhas nos vasos (c).

Após a aplicação e simulação da chuva as soluções foram coletas (Figura 11) e armazenadas para análise. As plantas (folhas e caules) foram cortadas, ensacadas em sacos de papel (Figura 12) e levadas para estufa, por 5 dias a 60 °C para a obtenção de matéria seca.



Figura 11 - Coleta da solução de lavagem resultante da aplicação da chuva.



Figura 12 - Preparo das plantas para matéria seca.

No período que antecedeu a simulação de chuva de 48h as plantas foram novamente levadas para a câmara climatizada.

3.4 Preparo das amostras

Após coletadas, as amostras foram armazenadas em congelador até a data de seu processamento (aproximadamente 30 dias). Depois de descongeladas, foram previamente filtradas em membranas de fibra de vidro, e em seguida foram concentradas em Carbone 18 (Figura 13). Logo após, foi feita a extração em 5ml de metanol (Figura 14). Essas amostras foram levadas a um bloco de aquecimento (40 °C) em uma capela, para a evaporação do solvente. Após evaporação, as amostras foram re-suspendidas novamente em metanol (1 ml) para ser injetada no cromatógrafo (Figura 15).



Figura 13 - Filtração das amostras em Carbone 18.



Figura 14 - Extração do ingrediente ativo. Resuspensão em C18 (a), filtragem (b).



Figura 15 - Bloco de aquecimento.

3.5 Análise do flutriafol

A avaliação da concentração de flutriafol nas soluções resultantes da lavagem das plantas pela chuva foi realizada através da quantificação dos resíduos do fungicida na água pelo método de cromatografia gasosa e espectrometria de massa (GC-MS), Thermo Quest (Figura 16). Essa técnica acoplada tem como principal característica a combinação de técnicas de separação (cromatografia) e de identificação (espectrometria), possibilitando uma quantificação com menos interferências. O gás de arraste utilizado no processo foi o gás hélio, por ser o principal gás de arraste, devido a sua estabilidade, não é reativo e possui baixo peso molecular.



Figura 16 - Cromatógrafo. Vista frontal (a) e detalhe das amostras (b).

Para efeito do cálculo do percentual do produto extraído nas lavagens, a quantidade de flutriafol nestas soluções foi comparada à quantidade total depositada nas plantas, a qual foi representada pela quantidade do ativo recuperado na lavagem realizada imediatamente após a aplicação dos tratamentos (lavagem 0 h após a aplicação).

3.6 Delineamento experimental

As formulações de flutriafol (Impact 125 SC) utilizadas nas pulverizações foram denominadas de acordo com sua codificação interna na empresa fabricante: 1310-05, 1310-06, 118-05 e 80D. As diferenças entre estas formulações se referem a variações nos componentes presentes em cada produto (adjuvantes e inertes), assim como dos lotes de origem das amostras. Assim, como exemplo, os códigos 1310-05 e 1310-06 representam a mesma formulação (1310) de dois lotes distintos (05 e 06 representam os anos de 2005 e 2006, respectivamente). Estas formulações foram aplicadas com e sem óleo mineral Oppa (1% v/v), sendo que num dos tratamentos a formulação 1310-05 foi aplicada em mistura com o fungicida tebuconazole (Tabela 2).

As caldas foram preparadas e imediatamente aplicadas sobre a cultura. Após a aplicação, as plantas foram retiradas do laboratório e deixadas à temperatura ambiente, a espera do tempo decorrido para a simulação da chuva, de acordo com cada tratamento. Cada um dos 10 tratamentos foi constituído por um lote de 16 vasos, dividido em 4 grupos de 4 vasos (cada vaso com 4 plantas foi uma repetição). Cada grupo de 4 vasos foi separado para passar pelo processo de lavagem pela chuva de acordo com o procedimento descrito na Tabela 3.

Tabela 2 - Caldas utilizadas como tratamentos de acordo com os códigos dos fungicidas.

Código do Fungicida	Dose (g ia há-1)	Adjuvante
flutriafol (Impact 125 SC) 1310-05	62,5	-
flutriafol (Impact 125 SC) 1310-05	62,5	Óleo mineral (Oppa 1%)
flutriafol (Impact 125 SC) 1310-06	62,5	-
flutriafol (Impact 125 SC) 1310-06	62,5	Óleo mineral (Oppa 1%)
flutriafol (Impact 125 SC) 118-05	62,5	-
flutriafol (Impact 125 SC) 118-05	62,5	Óleo mineral (Oppa 1%)
flutriafol (Impact 125 SC) 80D	62,5	-
flutriafol (Impact 125 SC) 80D	62,5	Óleo mineral (Oppa 1%)
flutriafol (Impact 125 SC) 1310-05+tebuconazole (Folicur 125 CE)	31,25 + 31,25	-
flutriafol (Impact 125 SC) 1310-05+tebuconazole (Folicur 125 CE)	31,25 + 31,25	Óleo mineral (Oppa 1%)

A chuva foi simulada de acordo com uma programação pré-definida no simulador (cada passagem representava 2,5 mm de lâmina), através da aplicação de duas lâminas seqüenciais, sendo a primeira com 5 mm (duas passadas) e a segunda com 15 mm (seis passadas), com intervalo de 10 minutos entre as aplicações das lâminas. Para efeito de coleta da solução resultante da lavagem das plantas, as lâminas de 5 mm e 15 mm foram coletadas individualmente.

Após a simulação das lâminas de chuva, as plantas foram cortadas dos vasos e lavadas por imersão em saco plástico contendo 200 mL de água destilada. Todas as lavagens (lâminas de chuva e imersão) foram realizadas em 4 intervalos: 0 h (no momento da aplicação), 1 h, 2 h e 48 h após a aplicação (Tabela 2).

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos, definidos pela interação entre as caldas, o tempo entre a aplicação e a lavagem e o tipo de lavagem.

Tratamentos		Tempo entre a aplicação e a lavagem	Tipo de lavagem
1310-05	Formulação 1310-05	0 h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		1h	
		2h	
1310-05 co	Formulação 1310-05 com óleo	48h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		0 h	
		1h	
1310-06	Formulação 1310-06	2h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		48h	
		0 h	
1310-06 co	Formulação 1310-06 com óleo	1h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		2h	
		48h	
118-05	Formulação 118-05	0 h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		1h	
		2h	
118-05 co	Formulação 118-05 com óleo	48h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		0 h	
		1h	
80D	Formulação 80D	2h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		48h	
		0 h	
80D co	Formulação 80D com óleo	1h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		2h	
		48h	
1310-05+T	Formulação 1310-05 + tebuconazole (folicur 125 CE)	0 h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		1h	
		2h	
1310-05+T co	Formulação 1310-05 + tebuconazole (folicur 125 CE) com óleo	48h	5mm de chuva, 15mm de chuva e lavagem da planta por imersão
		0 h	
		1h	
		2h	
		48h	

3.7 Cálculo da quantidade de ativo removido pela chuva

A avaliação da concentração de flutriafol nas soluções resultantes da lavagem das plantas pela chuva foi realizada através da quantificação dos resíduos do fungicida na água pelo método cromatográfico GC-MS. Os valores de concentração do ativo nas amostras analisadas (em ppm) foram multiplicados pelo volume da amostra injetada no cromatógrafo (em mL), em seguida divididos pela massa de matéria seca da planta correspondente e, posteriormente, divididos pelo coeficiente de extração do método de análise (93,8% para as amostras com óleo e 98,3% para as amostras sem óleo na calda). O resultado deste processamento representou a quantidade de ativo por unidade de massa seca das plantas (μg de ativo g^{-1} de planta). A seguir, este valor foi multiplicado por 1000 para transformação em μg de ativo kg^{-1} de planta e, posteriormente, dividido pela massa equivalente de ativo aplicada por hectare. Desta maneira, o resultado final obtido foi a quantidade de ativo extraída por kg de planta, ponderada pela dose aplicada em cada tratamento [$(\mu\text{g}/\text{kg})/(\text{g}/\text{ha})$].

Para o cálculo do percentual extraído, as quantidades de flutriafol nas soluções de lavagem referentes às chuvas simuladas nos tempos determinados em cada tratamento foram comparadas à quantidade total depositada nas plantas, a qual foi representada pela quantidade do ativo recuperado nas lavagens realizadas imediatamente após a aplicação dos tratamentos (lavagens 0 h após a aplicação). Nesta determinação da quantidade total de flutriafol recuperada nas plantas considerou-se, portanto, a soma de todo o ativo que foi retirado das plantas pela lavagem imediata após a aplicação. Este valor foi obtido da soma do flutriafol recuperado tanto na solução resultante das duas lâminas de chuva (5 mm + 15 mm) como na solução onde houve a imersão das plantas logo após a aplicação da chuva simulada. Estes valores representaram a expectativa de depósito total do ativo em cada tratamento, sendo utilizado posteriormente para referenciar o cálculo dos percentuais de flutriafol removido pelas lâminas de chuva aplicadas 1, 2 e 48 horas depois das aplicações.

3.8 Análise do tamanho de partículas

A análise do espectro de gotas das caldas pulverizadas foi baseada na determinação do Span - amplitude relativa do espectro de gotas (Equação 1), diâmetro mediano volumétrico (DMV) e percentual de gotas abaixo de 100 μm ($\%<100 \mu\text{m}$), de acordo com os tratamentos descritos na Tabela 1.

$$\text{Span} = (DV_{0,9} - DV_{0,1}) / DV_{0,5} \quad (1)$$

Onde:

DV_{0,9} – Diâmetro de 90% do volume acumulado

DV_{0,1} – Diâmetro de 10% do volume acumulado

DV_{0,5} – Diâmetro de 50% do volume acumulado

As caldas foram pulverizadas utilizando-se pontas de jato plano (XR 11001) com padrão de gotas finas e mesmas condições de aplicações do ensaio anterior. Estas análises foram realizadas no LAPAR, e foram determinadas de forma direta em analisador de diâmetro de partículas por difração de raios laser (Mastersizer S®, versão 2.15), conforme mostra a Figura 17. Nesse equipamento, uma unidade óptica determina o diâmetro das gotas do espectro pulverizado por meio do desvio de trajetória sofrido pelo laser ao atingi-las. Quanto menor a partícula, maior é o grau de difração que o raio de luz sofre (ETHERIDGE et al., 1999).



Figura 17 - Analisador de diâmetro de partículas por difração de raios Laser Mastersizer S®, versão 2.15. vista lateral (a) e canhão laser (b).

Conforme recomendações do fabricante, o equipamento foi ajustado para avaliar gotas de 0,5 a 900 μm (lente 300 mm). Um exaustor (tipo coifa) localizado sobre o equipamento (Figura 18), onde é pulverizado o jato para a determinação do espectro de gotas, retira as partículas que ficam suspensas no ar, podendo resultar em duplas leituras ou se depositar sobre a lente do aparelho, comprometendo a exatidão da análise. Para manter a pressão constante, utilizou-se de ar comprimido controlado com regulador de pressão de precisão. Utilizou-se de oscilador para que o jato de calda atravessasse transversalmente o laser durante a leitura pelo aparelho. O tempo despendido pelo oscilador para mover-se de um extremo ao outro do jato aplicado foi calibrado para 2 segundos. Cada leitura do laser foi realizada com intervalo de 2 milissegundos, totalizando 500 leituras por segundo.



Figura 18 - Detalhe do exaustor tipo coifa (a) e jato de pulverização (b).

As caldas utilizadas foram as mesmas descritas na Tabela 1, nas mesmas concentrações. As condições ambientais no momento das aplicações foram: T: 23 °C, UR: 52%.

Para efeito de análise dos dados as médias foram comparadas por estatística não paramétrica através do cálculo do intervalo de confiança ao nível de 90% (Equação 2).

$$IC = (t * s) / \sqrt{n} \quad (2)$$

Onde:

IC = intervalo de confiança;

t = valor de t tabelado, ao nível de 10% de probabilidade;

s = desvio padrão;

n = número de repetições.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do tamanho de partículas

A Figura 19 apresenta os valores do DMV - diâmetro mediano volumétrico (μm) para cada uma das caldas avaliadas. Os valores de DMV para as caldas sem a adição de óleo variaram de 118,1 a 121,5 μm , não indicando haver diferença de comportamento entre os produtos testados no que se refere ao processo de formação de gotas. Analisando-se as caldas com adição de óleo, estes valores apresentaram uma variação um pouco maior (entre 123,3 e 131,5 μm) sem, no entanto, ocorrer diferença significativa na análise do intervalo de confiança. Estas observações apenas sugerem que as diferentes formulações interagiram de modo variável quando da adição do óleo mineral. Christofolletti (1999a) afirma que uma opção economicamente viável encontrada para aumentar a viscosidade do líquido, bem como a eficiência das pulverizações, tem sido a adição de óleo vegetal às caldas de pulverização. Segundo o autor, a utilização de óleo vegetal como adjuvante tem indicação principal de espalhante adesivo, mas sua característica de viscosidade pode alterar também o espectro de gotas pulverizadas.

De maneira geral, apesar de não haver diferenças significativas, observa-se uma tendência evidente e constante de maiores valores de DMV para todas as caldas onde ocorreu a adição de óleo (o maior valor médio de DMV para as caldas sem óleo

foi de 121,5 μm , enquanto o menor para as caldas com óleo foi de 123,3 μm). Neste sentido, Butler-Ellis (2004) explica que a formação de emulsão na calda modifica o processo de rompimento do filme de líquido no spray gerado na ponta de pulverização, fazendo com que este processo ocorra de maneira mais rápida, gerando gotas maiores. Este processo ocorre pois o filme de líquido tem início com uma espessura maior (próximo da ponta) e depois vai se tornando mais fino (no ponto onde ocorre o rompimento e formação das gotas). Dados obtidos por Contiero (2005) mostram que o acréscimo de um agrotóxico pode alterar o padrão de gotas e a vazão da água pura, com uma determinada pressão, além de afetar também a deposição do líquido nas plantas, assim, adjuvantes acrescentados numa calda também tendem a alterar o padrão de gotas e a vazão.

Esse aumento de DMV deve-se, ainda, ao potencial de aumento da viscosidade desta calda. Isso porque o óleo tende a modificar suas propriedades. Esse aumento de viscosidade dificulta a fragmentação da gota, permitindo uma formação maior. Cunha et al. (2003a), avaliando o efeito de um óleo vegetal emulsionável no espectro de gotas gerados por bicos de pulverização hidráulicos, concluíram que a adição desse óleo alterou o espectro de gotas pulverizadas, aumentando o diâmetro das gotas e diminuindo a percentagem de gotas propensas à ação dos ventos.

As tendências obtidas neste trabalho indicam um potencial para redução do risco de deriva nas caldas com óleo, devido a tendência de formação de gotas maiores, conforme descrito por Antuniassi (2009). Ainda, a presença do óleo reduziu a formação de gotas com DMV abaixo de 100 μm em todas as caldas avaliadas (Figura 21), o que confirma a característica de menor tendência de risco de deriva da aplicação destas caldas com óleo.

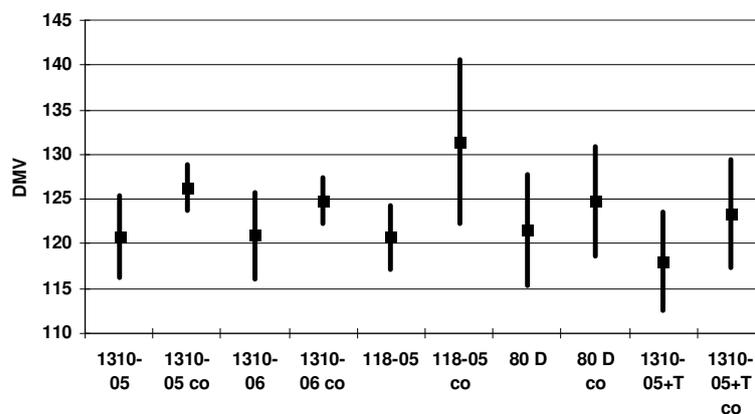


Figura 19 - Caracterização das caldas quanto ao Diâmetro mediano volumétrico (DMV), expresso em micrometros (μm). Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 90%.

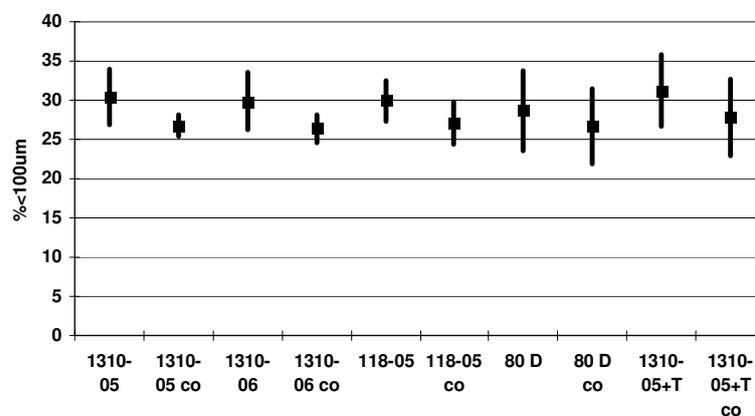


Figura 20 - Percentual do volume aplicado com gotas menores do que 100 μm . Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 90%.

A Figura 21 mostra o comportamento da amplitude relativa do espectro de gotas (Span) resultante de cada calda pulverizada. Este valor, quanto menor, indica uma pulverização com gotas mais uniformes, o que representa um fator desejável. Observa-se, portanto, que a adição do óleo melhorou o espectro de todas as caldas, apesar das diferenças não serem significativas na comparação das médias pelo IC 95%.

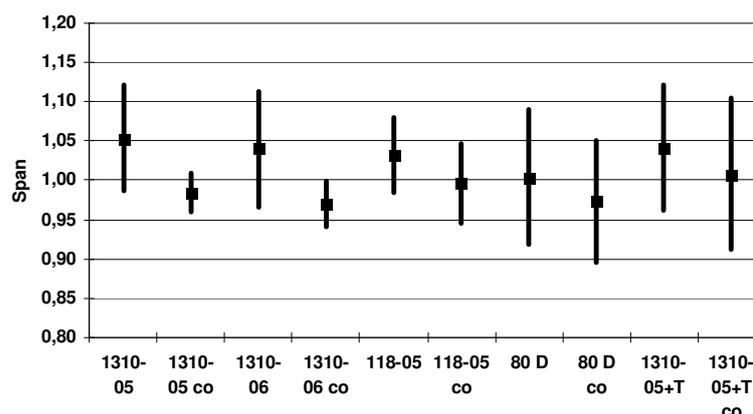


Figura 21 - Valor do espectro de gotas (Span) resultante de cada calda pulverizada (tanto melhor quanto mais próximo da unidade - valor igual a um). Para a comparação dos resultados, os pontos representam os valores médios e as linhas verticais indicam o Intervalo de Confiança ao nível de 90%.

4.2 Análise da extração do fungicida pela chuva

A Figura 22 apresenta as quantidades totais de flutriafol recuperadas nas plantas considerando a soma de todo o ativo que foi retirado das plantas pela lavagem imediata após a aplicação. Este valor, expresso em μg de ativo por kg de peso seco das plantas, ponderado de acordo com a dose aplicada, em g/ha $[(\mu\text{g}/\text{kg})/(\text{g}/\text{ha})]$, foi obtido da soma do flutriafol recuperado tanto na solução resultante das duas lâminas de chuva (5 mm + 15 mm) como na solução onde houve a imersão das plantas após a aplicação da chuva simulada. Estes valores representam a expectativa de depósito total do ativo em cada

tratamento, sendo utilizado posteriormente para referenciar o cálculo dos percentuais de flutriafol removido pelas lâminas de chuva aplicadas 1, 2 e 48 horas depois das aplicações.

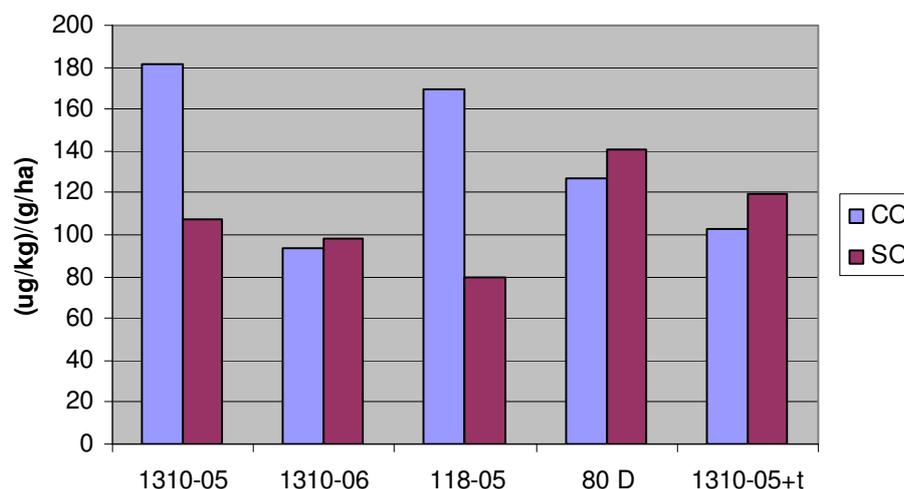


Figura 22 - Quantidade de flutriafol removido das plantas no momento da aplicação (lavagem imediata após a aplicação). CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

Observa-se, inicialmente, que em apenas duas das caldas avaliadas houve uma disparidade maior entre os valores obtidos para cada tratamento com e sem óleo adjuvante (produtos 1310-05 e 118-05). Nos demais, as diferenças foram menos significativas. A discussão deste comportamento requer uma análise mais profunda de possíveis evidências, visto que não são encontradas razões simples que possam explicar os fatos. No que se refere à tecnologia de aplicação, as diferenças de depósito entre as aplicações com e sem óleo nestes tratamentos não encontra embasamento nos parâmetros avaliados, visto que os diâmetros de gotas não foram significativamente diferentes. Considera-se, ainda, que houve a manutenção correta da pressão de trabalho, não havendo, portanto, diferenças nas doses aplicadas.

Uma das possibilidades a ser futuramente estudada é o potencial de ocorrência de decantação dos produtos nos recipientes utilizados para armazenar as caldas

durante o processo de aplicação no simulador. Estes recipientes, com 2 L de capacidade, não possuem sistema de agitação, havendo portanto a possibilidade das caldas ficarem alguns minutos sem agitação. Neste caso, caldas que possuam dispersão de partículas menos eficiente poderiam resultar na geração de um gradiente vertical de concentração dentro do reservatório, gerando diferenças nas quantidades de ativo aplicado entre os tratamentos. Esta possibilidade deve ainda ser avaliada quanto a uma possível interação da estabilidade com a adição do óleo, pois é possível notar que nos dois casos em que houve grande discrepância os valores os maiores foram obtidos para as soluções contendo óleo adjuvante.

As Figuras 22 a 28 apresentam os potenciais de remoção do flutriafol das plantas pelas lâminas de chuva aplicadas ao longo do tempo (1, 2 e 48 horas após a aplicação). Os percentuais de remoção foram calculados relacionando-se a quantidade de flutriafol recolhido na solução de lavagem após a aplicação da chuva com os valores apresentados na Figura 21 (valor total lavado no momento da aplicação), os quais foram considerados para efeito de referência como os depósitos totais para cada tratamento.

Nestes gráficos observa-se, em geral, que a remoção foi sempre maior ou igual nas caldas sem óleo, comparadas com as caldas com óleo, mostrando que a aplicação com óleo propiciou tanto maior adesividade quanto maior absorção do ativo pelas plantas. Neste sentido, Curran et al. (1999) citam que os adjuvantes ativadores são os mais utilizados, pois correspondem a agentes ativadores da superfície. Incluem surfactantes, óleos minerais e vegetais, fertilizantes nitrogenados, espalhador-adesivos, agentes de molhamento e penetrantes têm um mesmo comportamento. Essa propriedade pode reduzir o efeito de lavagem quando a aplicação do defensivo for seguida por chuva (TU; RANDALL, 2003). Neste sentido, estudos de remoção realizados por Debortoli (2008) mostraram que a chuva simulada afetou negativamente o controle da ferrugem asiática, principalmente quando não foi utilizado adjuvante juntamente com o fungicida. A ocorrência de chuva aos 0 e 30 minutos após a aplicação dos tratamentos provocou a maior influência sobre a eficiência de controle da doença. Os dados demonstram que o efeito negativo da lavagem pela chuvas está diretamente ligado ao intervalo entre a aplicação e a ocorrência da chuva.

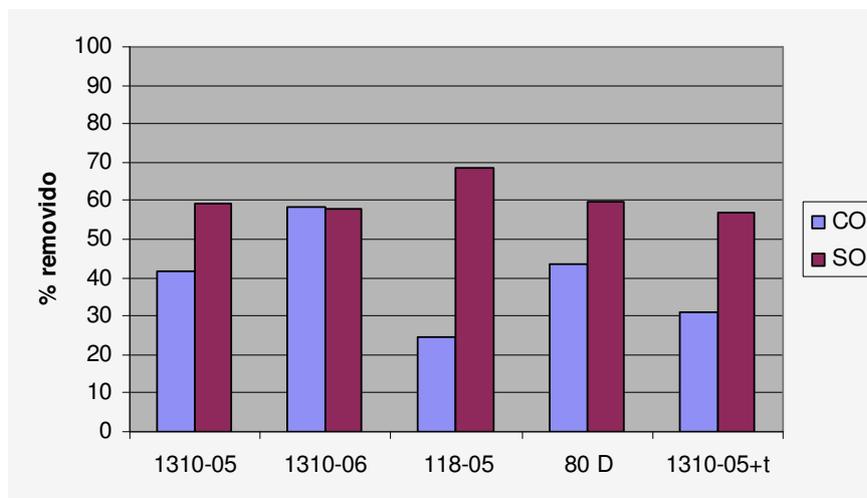


Figura 23 - Percentual de flutriafol removido com uma lâmina de 5 mm 1 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

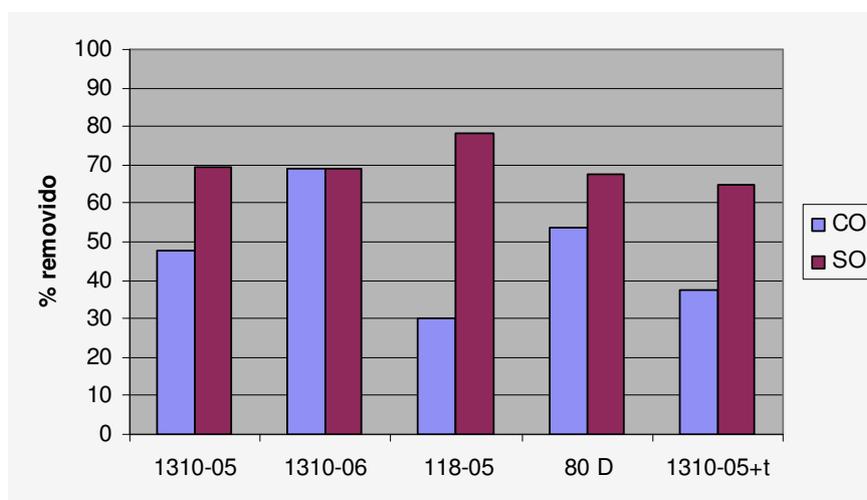


Figura 24 - Percentual de flutriafol removido por duas lâminas seqüenciais (5 mm +15 mm), 1 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

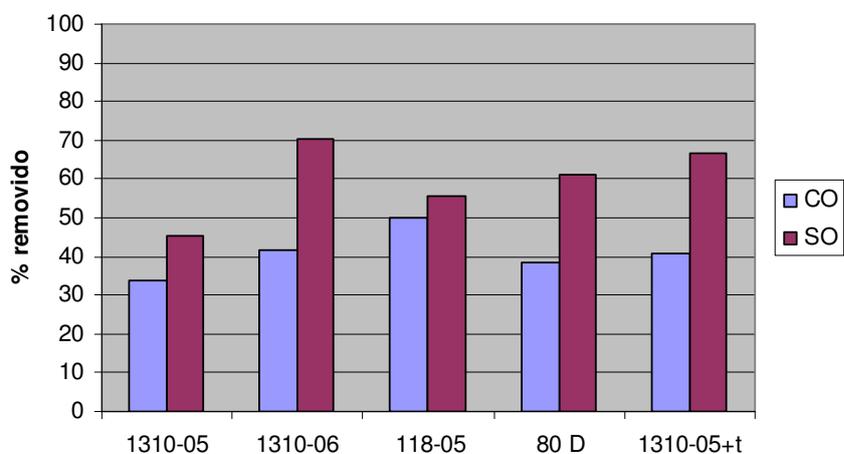


Figura 25 - Percentual de flutriafol removido com uma lâmina de 5 mm 2 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

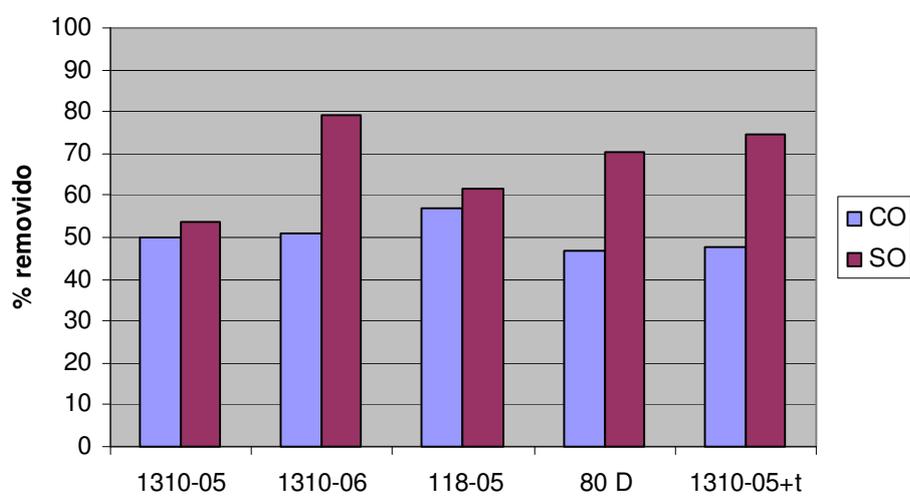


Figura 26 - Percentual de flutriafol removido por duas lâminas seqüenciais (5 mm +15 mm), 2 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

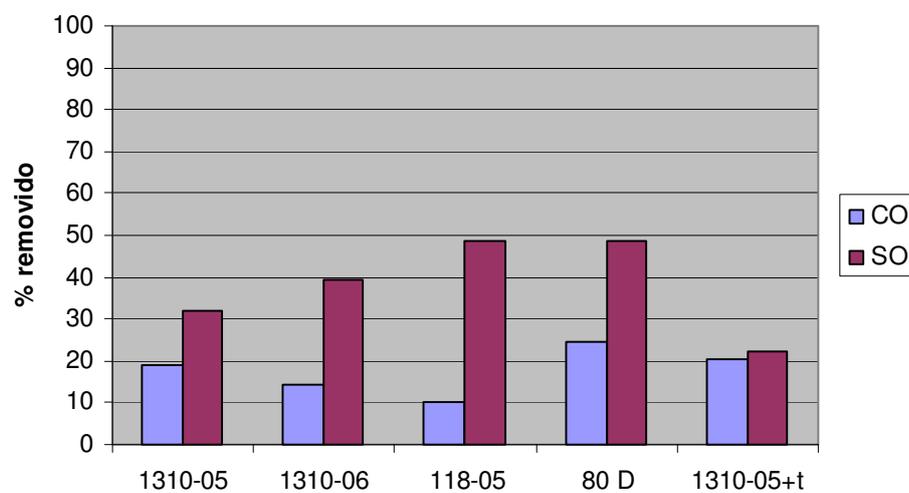


Figura 27 - Percentual de flutriafol removido com uma lâmina de 5 mm 48 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

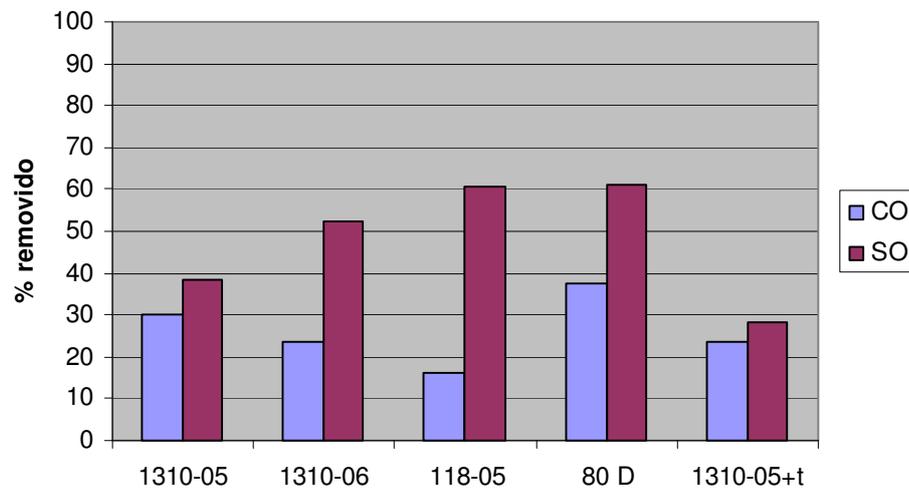


Figura 28 - Percentual de flutriafol removido por duas lâminas seqüenciais (5 mm +15 mm), 48 h depois da aplicação. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

Independentemente da calda aplicada e da intensidade da chuva, um fato que merece destaque é a efetiva quantidade de fungicida removido pela chuva ao longo do tempo. Os percentuais observados 1, 2 e 48 horas após a aplicação não refletem o senso comum do mercado de fungicidas que utiliza o valor referencial de 2 horas como intervalo mínimo entre a aplicação e a chuva. A maior parte das empresas fabricantes de fungicidas para ferrugem da soja e os consultores agrônômicos que atuam neste segmento recomendam atenção para este intervalo mínimo de 2 horas. Entretanto, como pode ser observado nas Figuras 27 e 28, quantidades substanciais do ativo podem ser removidas até 48 horas depois da aplicação. Desta maneira, é importante ressaltar que este intervalo mínimo de segurança permanece questionável, merecendo a atenção de futuros projetos de pesquisa.

As Figuras 29 a 33 apresentam o percentual de flutriafol removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais com 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva, para cada formulação ou mistura considerada. Nestes casos, observa-se em geral que o aumento da chuva não mudou o perfil de comportamento de cada tratamento. Entretanto, é possível notar que algumas caldas têm comportamento diferente na comparação da aplicação com e sem óleo ao longo do tempo. Um exemplo deste comportamento pode ser visto na comparação entre as formulações 1310-06 e 118-05. Na formulação 1310-06 a importância do óleo na retenção do produto cresceu ao longo do tempo, ou seja, na lavagem 1 h depois da aplicação houve pouca diferença entre as caldas com e sem óleo. Entretanto, esta diferença foi acentuada nas lavagens 2 e 48 h após a aplicação. Por outro lado, na formulação 118-05 a diferença entre as caldas com e sem óleo foi acentuada na lavagem 1 h depois da aplicação, tendo este comportamento ficado menos evidente quando a chuva ocorreu 2 h depois da aplicação.

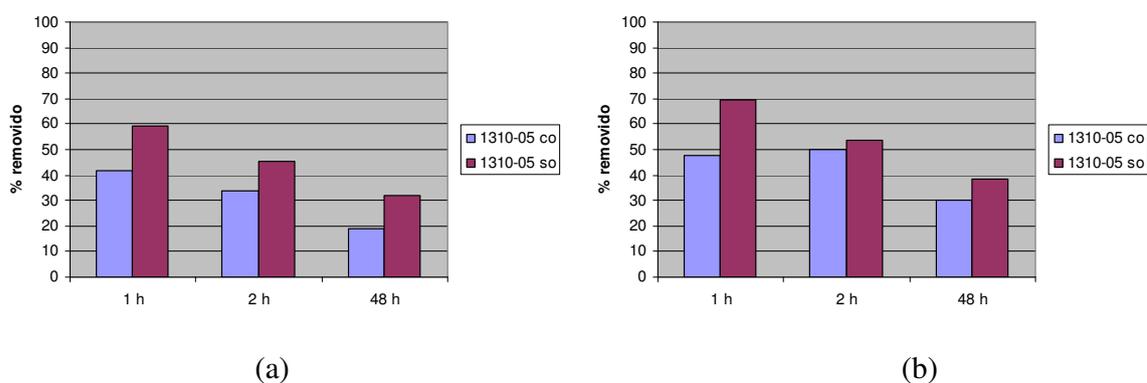


Figura 29 - Percentual de flutriafol (formulação 1310-05) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

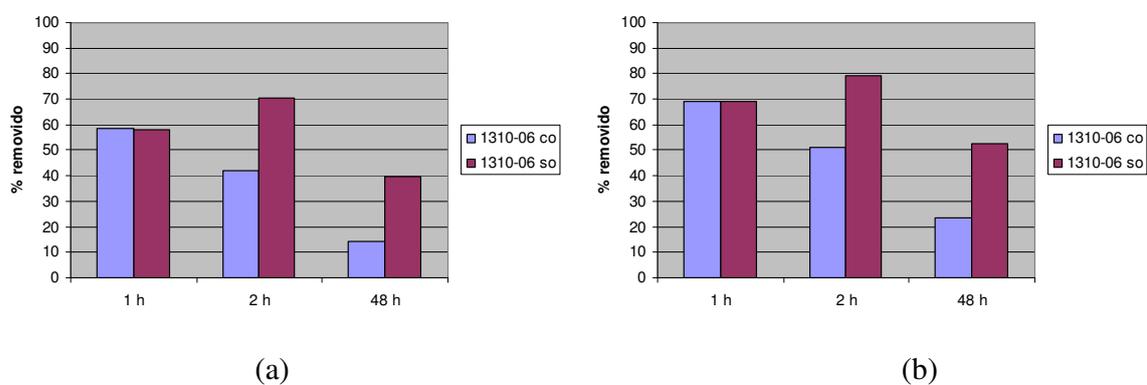


Figura 30 - Percentual de flutriafol (formulação 1310-06) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

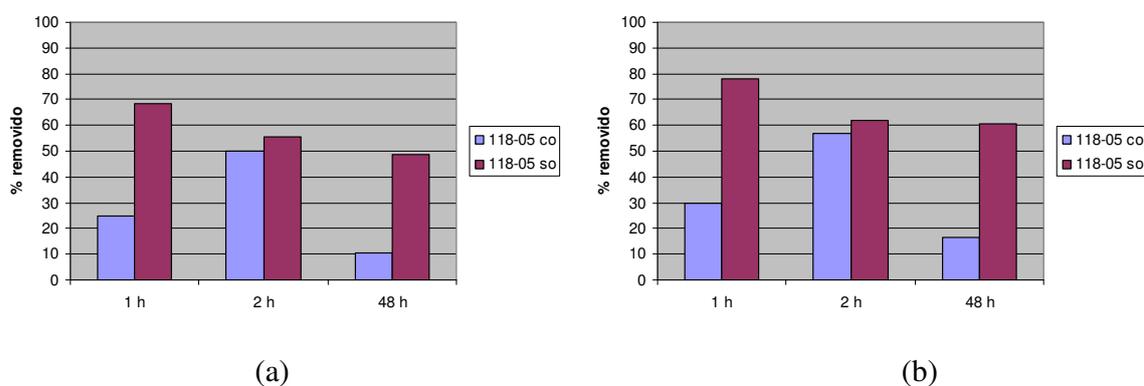


Figura 31 - Percentual de flutriafol (formulação 118-05) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

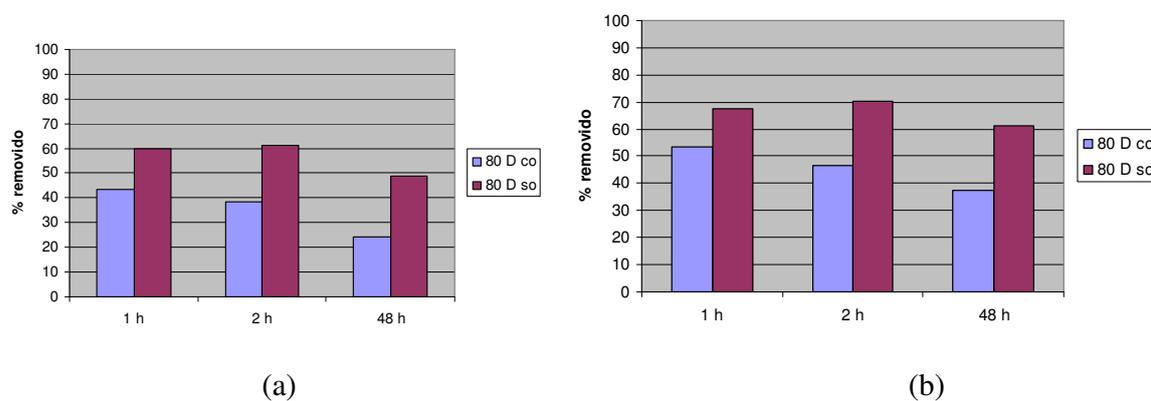


Figura 32 - Percentual de flutriafol (formulação 80D-05) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

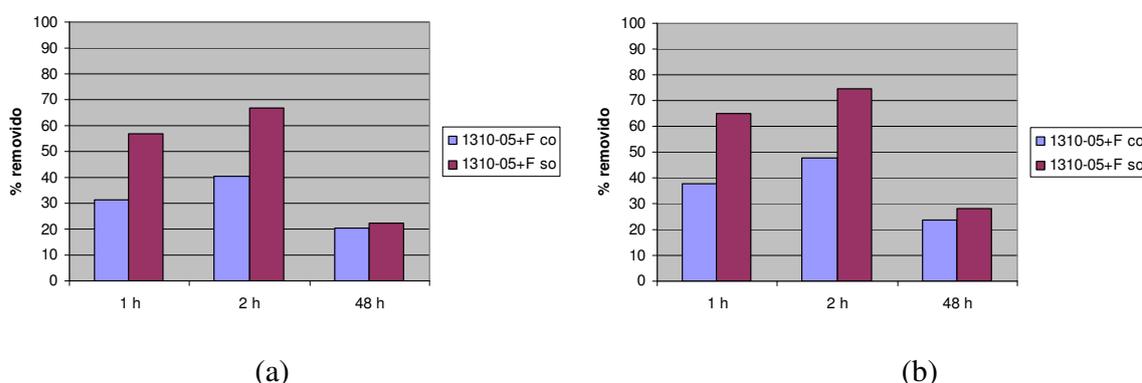


Figura 33 - Percentual de flutriafol (calda com 1310-05 + tebuconazole) removido por uma lâmina de 5 mm (a) e por duas lâminas seqüenciais de 5 mm +15 mm (b), de acordo com o tempo decorrido para a aplicação da chuva. CO e SO identificam as caldas com e sem a adição de óleo mineral.

Outro fator importante a ser observado é o aumento da importância da maior quantidade de chuva para remover o fungicida ao longo do tempo, interagindo com a adição ou não de óleo na calda aplicada. A Figura 34 mostra a evolução da diferença percentual do flutriafol removido com 2 lâminas seqüenciais (5 mm + 15 mm) com relação ao removido por apenas uma lâmina de 5 mm, de acordo com o tempo decorrido entre a pulverização e a chuva (1, 2 e 48 h). Nas primeiras duas colunas observa-se que, decorrida 1 h da aplicação, duas lâminas (5 + 15 mm) removeram cerca de 20% a mais de flutriafol, quando comparada a apenas uma lâmina, quando as caldas continham óleo (média dos tratamentos), enquanto que esta diferença percentual foi de pouco mais de 15% para as caldas sem o óleo. Nas demais colunas nota-se novamente que nas aplicações com óleo as duas lâminas foram mais efetivas do que apenas uma, mostrando que foi necessário uma maior quantidade de chuva para lavar as caldas aplicadas com óleo. Ainda, esta diferença cresceu ao longo do tempo, sendo que com a chuva 48 h após a aplicação as duas lâminas removeram cerca de 50% a mais dos fungicidas nas aplicações com óleo, enquanto este valor foi de apenas 25% nas caldas sem óleo. Com relação a estas observações, Weber et al. (1937) afirmaram que uma única chuva de característica forte remove muito mais fungicida da superfície foliar do que várias chuvas fracas de mesmo volume.

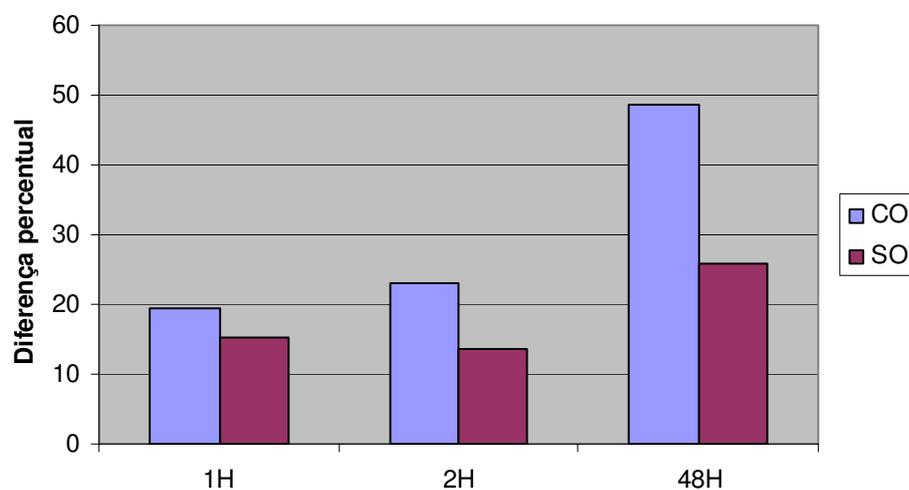


Figura 34 - Diferença percentual entre a remoção de fungicida por duas lâminas (5 mm + 15 mm) comparada a remoção com apenas uma (5 mm), com e sem a adição de óleo e ao longo do tempo.

5. CONCLUSÕES

Observou-se tendência de maior valor de DMV, menor valor do percentual de gotas abaixo de 100 μm e menor valor de amplitude do espectro de gotas para todas as caldas onde ocorreu a adição de óleo mineral;

A remoção do flutriafol pela chuva foi sempre maior ou igual nas caldas sem óleo, comparadas com as caldas com óleo, mostrando que a aplicação com óleo propiciou maior adesividade e/ou maior absorção das caldas pelas plantas;

O aumento da quantidade de chuva não mudou o perfil de comportamento dos tratamentos;

Observou-se o aumento da importância da maior quantidade de chuva para remover o fungicida ao longo do tempo, acentuando a diferença entre as caldas com e sem óleo. Com o passar do tempo foi necessária uma maior quantidade de chuva para lavar as caldas aplicadas com óleo;

Observou-se remoção significativa de fungicida até 48h após a aplicação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERT, L. H. B.; VICTORIA FILHO, R. Características morfológicas da cutícula foliar e efeitos de adjuvantes no controle químico de três espécies de guanxumas. **Ciências Agrotécnica**, Lavras, v.26, n.5, p.888-899, set./out. 2002.

ANDEF. Disponível em:<<http://www.undef.com.br/2008/agri01.asp>>. Acesso em 25.11.08.

ANTUNIASSI, U.R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. **Boletim de pesquisa de soja**, 2009. Rondonópolis/MT: Fundação MT, n.13, p.299-315, 2009.

ANTUNIASSI, U.R. Avanços tecnológicos em equipamentos para aplicação de herbicidas. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 26, 2008. Ouro Preto, **Anais...**, Ouro Preto: Embrapa Milho e Sorgo, 2008, CD ROM.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. In: SUZUKI, S., YUYAMA, M. M., CAMACHO, S. A. **Boletim Técnico de Pesquisa Soja 2006**. Rondonópolis, MT: Fundação Mato Grosso, 2006.

ANTUNIASSI, U. R. et al. Desempenho de sistema de aplicação terrestre para controle da ferrugem de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2005. p. 217-218.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação para o controle da ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 193-219.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (eds). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas.** Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2004. p. 145-184.

ANTUNIASSI, U.R., et al. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3., 2004. Botucatu, **Anais...**, Botucatu: FEPAF, 2004, p.48-51. 1 CD-Rom

ASSAD, EDUARDO DELGADO. Aquecimento global e cenários futuros da agricultura brasileira: impactos na cultura da soja. In: Congresso Brasileiro de soja, 5, 2009. Goiânia, **Anais...**, Goiânia: Embrapa Soja, 2009, CD ROM.

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas.** São Paulo, 2001. 230p.

AZEVEDO, L. A. S. **Fungicidas protetores:** fundamentos para o uso racional. São Paulo, 2003. 319 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.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição volumétrica de calda produzida pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

RAIJ, B. V., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., FURLANI, A. M. C.. Boletim Técnico 100 Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo

BODE, L. E.; LANGLEY, T. E.; BUTTLER, B. J. Performance characteristics of by-pass spray nozzles. *Trans AMER. SOC. AGRIC. ENG. (American Society Agricultural Engineering)*, v. 22, n. 5, p. 1016-1022, 1972.

BONELLI, M. A. P. O. et al. Desempenho de sistemas de aplicação aérea para controle de ferrugem da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2005. p. 119-120.

BONELLI, M. A. P. O. **Eficiência do flutriafol e do flutriafol + tiofanato metílico aplicados com gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja.** 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

BUTLER-ELLIS, M.C. The effect of spray liquid on the application of pesticide sprays. In: RAETANO, C.G.; ANTUNIASSI, U.R. (Org.). *Qualidade em tecnologia de aplicação.* Botucatu/SP, 2004, v. 1, p. 167-176.

BUTZEN, S. et al. Asian soybean rust: fungicides. **Crop Insights**, v.15, n.2, p.5, 2005a.

BUTZEN, S. et al. Asian soybean rust: fungicide application technology. **Crop Insights**, v.15, n.1, p.5, 2005b.

BYERS, R. E. et al. Effects of apple tree size and canopy density on spray chemical deposit. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 1, p. 93-94, 1984.

CABRAS, P. et al. The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and wine leaves. **Journal of environmental Science and Health**, v.36, n. 5, p.609-618, 2001.

CAMARGO, T. V. Aplicação aérea e terrestre de fungicidas no controle da ferrugem da soja. In: WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA, 1., 2005, Uberlândia. **Coletânea...** Uberlândia: EDUFU, 2005. p. 181-191.

CARVALHO, W.A.; ESPINDOLA, C.R.; PACOLLA, A.A. **Levantamento de solos da fazenda Lageado-estação experimental “Presidente Médice”**. Botucatu: UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas, 1983. 95p.

CHAIN, A. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos: fatores que afetam a eficiência e o impacto ambiental. In: SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F. (eds.). **Agrotóxicos e ambiente**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 289-317.

CHIRAS, D. D. New Visions of Life Evolution of a Living Planet. In: ENVIRONMENTAL Science: action for a sustainable future. 3. ed. San Francisco: Benjamin Cummings, 1995.

CRISTOFOLETTI, J. C. O uso de bicos de pulverização para aplicações aéreas. **Revista Voar**, São Paulo, n. 61-A, p. 22-24, maio 1988. Edição Especial.

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

CRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle**. São Paulo: Teejet South América, 15 p. 1999a.

CRISTOFOLETTI, J.C. **Boletim técnico BT-05/99**: Considerações sobre a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. 1999b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira: grãos: intenções de plantio, primeiro levantamento, out. 2008.** Brasília: Conab, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 4 out. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO/MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira: grãos: oitavo levantamento, maio/2009.** Brasília: Conab, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 2 jun. 2009.

CONTIERO, R. L. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários: classes, propriedades e usos. In: COOPAVEL/COODETEC/BAYER CROPSCIENCE. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas, III.** Cascavel: Coopavel/Coodetec/Bayer CropScience, 2005. p. 29-54. (Encontro Técnico, 10).

CORDEIRO, A. M. C. Como a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários pode contribuir para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado: fitossanidade, cultivo protegido, pivô central e plantio direto.** Viçosa-MG: UFV, 2001. p. 683-721.

COUTINHO, P.; CORDEIRO, C. M. A ponta de pulverização: cuidados na escolha. In: CANAL, C. A. B. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas II.**, 2004. p. 7-11

CRUZ FILHO, J., CHAVES, G. M. antibióticos, fungicidas e nematicidas empregados no controle de doenças de plantas. Viçosa, Centro de Ensino e Extensão, UFV, 1979. 257p.

CU, R. M.; PHIPPS, P. M.; STIPES, R. J. Adjuvant effects of soyoil 937[®] on fungicides for control of early leafspot and sclerotinia blight in peanuts. In: FOY, C. L. **Adjuvants for agrichemicals.** Boca Raton: CRC Press, 1992. p. 657-666.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; RODRIGUES, G. J. Efeito do óleo vegetal emulsionável no espectro de gotas de bicos de pulverização hidráulicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sbea, 2003a. p. 1-4.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, n. 2, v. 21, maio/ago 2003b.

CURRAN, W. S.; McGLAMERY, M. D.; LIEBL, R. A.; LINGENFELTER, D. D. Adjuvants for enhancing herbicide performance. **Agronomy Facts** 37. Penn State College of Agricultural Sciences, 1999. p 1-5.

CZARNOTA, M.; THOMAS, P. **Using surfactants, wetting agents, and adjuvants in the greenhouse**. Georgia: University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, 2006. 7 p. (Bulletin, 1314).

DEBORTOLI, M. P. **Efeito do “rainfastness” e adjuvante na aplicação de fungicidas foliares em cultivares de soja**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Proteção de plantas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

DURIGAN, J. C. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: SEMINÁRIO TÉCNICO SOBRE PLANTAS DANINHAS E O USO DE HERBICIDAS EM REFLORESTAMENTO, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBS/ABRACAV/SIF, 1989. (paginação irregular).

EMBRAPA, Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: **Embrapa**, ed.1, 1999, p.199-200.

EMBRAPA **Impacto econômico da ocorrência da ferrugem asiática na soja**. Sistema de alerta, Embrapa Soja. Disponível em:
<www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver_alerta.php?cod_pagina_sa=142> Acessado em: fev/2007.

ETHERIDGE, R.E.; WOMAC, A.R.; MUELLER, C.T. Characterization of the spray droplet spectra and patterns of four venturi-type drift reduction nozzles. *Weed Technology*, v.13, p.765-70, 1999.

FERREIRA, C. R.; VEGRO, C. L. R.; CAMARGO, M. de L. B. Defensivos Agrícolas: rumo a uma retomada sustentável. **Análises e indicadores do agronegócio**, São Paulo, v. 3, n. 2, 2008.

FRIGHETTO, R. T. S. Influência do manejo de agrotóxicos no meio ambiente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 271-274, 2000. Suplemento

GALLASSINI, J. A. Entraves à competitividade da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: EMBRAPA, 2002. p. 3-4.

GANDOLFO, M.A. **Inspeção periódica de pulverizadores agrícolas**. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

GASSEN, F., BORGES, L. D. Importância econômica da soja. In: REIS, E. M. (ed.). **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2004. p. 11-19.

GENT, D. H., SCHWARTZ, H. F., NISSEN, S. J. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption and efficacy. **Plant Disease**, v.87, n.5, p.591-597. 2003.

GREEN, J. M. Factors that influence adjuvant performance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS, 6., 2001, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: ISAA Foundation, 2001. p.179-190.

HALL, F. R. Application to plantation crops. In: MATTHEWS, G. A. HISLOP, E., C. (ed.) **Application technology for crop protection**. Wallingford: CAB, 1993. p. 187-213.

HARTAMN, G. L.; WANG, T. C.; TSCHANZ, A. T. Soybean rust development and quantitative relationship between rust sererity and soybean yield. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 596-600, 1991.

HARTMAN, G. L., MILES, M. R., FREDERICK, R. D. Breeding for resistance to soybean rust. **Plant Disease**, v.89, p.664-666. 2005.

HAZEN, J. L. Adjuvants – terminology, classification, e chemistry. **Weed Technology**, v.14, p.773-784. 2000

HIRAKURI, M.H., SILVA, J.F.V., RICHETTI, A., CASTRO, A.M.G. Sistemas produtivos de soja para a produção de biodiesel. In: Congresso Brasileiro de soja, 5, 2009. Goiânia, **Anais...**, Goiânia: Embrapa Soja, 2009, CD ROM.

HOCK, W. K. **Horticultural spray adjuvants**. Pennsylvania: Pennsylvania State University, 1998. p. 1-4. (Agrichemical fact Sheet, 10).

HOLLOWAY, P. YJ. Surface factors affecting the wetting of leaves. **Pesticy Science**, Kyoto, v.1. p. 56-63, 1970.

HOLLY, K. Selectivity in relation to formulation and application methods. In: AUDS, L. J. **Herbicides biochemistry, ecology**. 2. ed. London: Academic Press, 1976. v. 2 p. 251-77

KIMATI, H. et al. **Guia de fungicidas agrícolas: recomendações por culturas/Grupo Paulista de Fitopatologia**. 2 ed. Jaboticabal: Grupo Paulista de Fitopatologia, 1997. v. 1 225 p.

KOGAN, M. A.; PÉREZ, A. J. Adyuvantes: clases, propiedades y usos con herbicidas. In: _____. **Herbicidas: fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción**. Santiago, Chile: Universidad Católica de Chile, 2003. p. 143-165.

LEVY, C. Zimbabwe - a country report on soybean rust control. In: **Proceedings... VII World Soybean Res. Conf., IV Int. Soybean Processing and Utilization Conf., III Congresso Mundial de Soja (Brazilian Soybean Conf.)**. Ed. Embrapa Soja, Londrina. p.340-348. 2004.

MARCANDALLI, L.H.; LAZARINI, E.; OLIVEIRA, W.A.S; FRANZOTE, F.H., MARCO, R.G. Análise econômica da cultura da soja cultivada no sistema plantio direto com duas culturas de coberturas. In: Congresso Brasileiro de soja, 5, 2009. Goiânia, **Anais...**, Goiânia: Embrapa Soja, 2009, CD ROM.

MAROCHI, A.I., SCHMIDT, W. **Plantio direto na palha: tecnologia de aplicação de Scorpion no sistema**. Castro: Fundação ABC; DowElanco, 1996. 43 p.

MARTZ, E. **Pennsylvania tree fruit production guide 2004-2005**. Pennsylvania State University, College of Agricultural Sciences, 276p. 2004.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2. ed. New York: Longman. 1982. 336 p.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. 2nd ed. London: Longman, 1992. 405 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal. FUNEP, 1990. 139p.

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.

MATUO, T.; PIO, L. C; RAMOS, H. H.; FERREIRA, L. R. Tecnologia de aplicação e equipamentos. In: **ABEAS - Curso de proteção de plantas**. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001. 85 p.

MCNICHOL, A.Z.; TESKE, M.E.; BARRY, J.W. A technique to characterize spray deposit in orchard and tree canopies. **Transactions of the ASAE**, v.40, n.6, p.1529- 1536, 1997.

MILES, M. R. et al. Current status of soybean rust control by fungicides. **Pesticides Outlook**, v.14, p.197-200. 2003.

MONTÓRIO, G. A. **Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial**. 2001. 70 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia - Proteção de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

NALEWAJA, J. D. & MATYSIAK, R. Spray deposits from nicosulfuron with salts that affect efficacy. **Weed Technonology**, v. 14, p.740-749. 2000.

NUNES JÚNIOR, J. Evolução e perspectivas para a próxima safra. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, p. 28-31, nov/dez. 2004.

OLIVEIRA, S. H. F., TÖFOLI, J. G., DOMINGUES, R. J. Persistência agronômica de mancozeb em diferentes concentrações de óleo vegetal e óleo mineral na cultura do trigo. **Summa Phytopathologica**, v.21, n.1, p.53. 1995a.

OLIVEIRA, S. H; SANTOS, J. M.; GUZZO, S. D. Efeito da chuva sobre a tenacidade e eficiência de fungicidas cúpricos associados ao óleo vegetal no controle da ferrugem do cafeeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69, n.1, p.45-49, 2002.

OLIVEIRA, S.H.F., TOFOLI, J.G.; DOMINGUES, R.J. Persistência agronômica de mancozeb em diferentes concentrações de óleo vegetal e óleo mineral na cultura do trigo. Resumos, 18o Congresso Paulista de Fitopatologia, Piracicaba, SP. 1995b. p.21.

Oliveira, R. B., Lima, J. S. S., Reis, E. F., Pezzopane, J. E M., Silva, A. F. NÍVEIS DE DÉFICIT HÍDRICO EM DIFERENTES ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L., cv. CAPIXABA PRECOCE). **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.16, n.3, 343-350 Jul./Set., 2008

ONO, Y.; BURITICA, P.; HENNEN, J.F. Delimitation of *Phakopsora*, *Physopella* and *Cerotelium* and their species on Leguminosae. **Mycological Research**, West Lafayette, n. 96, p. 825-850, 1992.

OZEKI, Y.; KUNZ, R.P. Tecnologia de aplicação aérea: aspectos práticos. In: Curso e atualização: TECNOLOGIA E SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS. Santa Maria, UFSM / Sociedade de Agronomia de Santa Maria. 1996, Santa Maria. **Anais...** p.65-78.

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. 1998a. 65 - 78 p

OZEKI, Y; KUNZ, R. P. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: ciba Agro. 1998b. 45p.

OZEKI, Y. **Manual de aplicação aérea**. São Paulo: Y. Ozeki, 2006. 101 p.

OZKAN, H. E. **New nozzles for spray drift reduction**. Ohio, USA: Universidade de Ohio-USA, 2000. (Boletim 816-00). Disponível em: <ohioline.osu.edu/b816/b816_23.html>. Acesso em: 27 out. 2005.

PATIL, P. V., ANAHOSUR, K. H. Control of soybean rust by fungicides. **Indian Phytopathology**, v.51, p.265-268. 1998.

PETROBRÁS DISTRIBUIDORA. **Catálogos de produtos**. OPPA, OPPA-BRCE, 2006. Disponível em: <<http://www.br.com.br/portalbr/pdf/especiais/oppa.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2006.

PIMENTEL, D., MACLAUGHLIN, L., ZEPP, A., LAKITAN, B., KRAUS, T., KLEINMEN, P., VANCINI, F., ROACH, W.J., GRAAP, E., KEETON. W.S., SELIG, G. Environmental and economic effects of reducing pesticide use in Agriculture. **Agric. Ecosyst. e Environ.**, v.46, p.273-88, 1993.

PRADO, L.C.; YORINORI, J.T. Efeito da aplicação de fungicida foliar sobre a produtividade da soja no Estado da bahia. **Anais**, Congresso Brasileiro de Soja, Londrina, PR. 1999. p.450.

PRESTES, A. (trad.) Fungicidas: mecanismos de ação e resistência. Parte I: fungicidas com mecanismos de ação não específica. In: LUZ, W. C. (ed.) **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: Revisão Anual de Patologia de Plantas, 2003. p. 43-69. (v. 11).

QUANTICK, H. R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. Collins, London, 1985. 428p

RAMOS, H. H. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 275-284, 2000. (Suplemento).

RAIJ, B.VAN.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2001, p.240-261.

REYNOLDS, K. L., REILLY, C. C., HOTCHKISS, M. W. Removal of fentin hydroxide from pecan seedlings by simulated rain. **Plant Disease**, v.78, n.9, p.857-860, 1994.

RICH, S. Dynamics of deposition and tenacity of fungicides. **Phytopathology**, v.44, p.203-213, 1954.

ROMEIRO, A. R. **Meio ambiente e dinâmica de inovações na dinâmica de inovações na agricultura**. São Paulo: Annablume-FAPESP, 1998, 277 p.

SALYANI, M.; HEDDEN, S. L.; EDWARDS, G. J. Deposition efficiency of different dropletslet sizes for citrus sprayng. **Trans. ASAE (American Society Agricultural Engineering)**, v.30, p. 1595-9, 1987.

SANDERSON, R. et al. Relative drift potential and droplet size spectra of aerially applied propanil formulations. **Crop Protec.**, v. 16, n. 8, p. 717-721, 1997.

SANTOS, J. M. F. Deriva e volatilização em aplicações de defensivos agrícolas. **Revista Voar**, São Paulo, n. 61-A, p. 30-33, maio 1988. EdiçãoEspecial.

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

SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. H; GUZZO, S. D. Avaliação da eficácia de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* L.) do cafeeiro, sob chuva simulada. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n 6, 2002.

SANTOS, R. O. **níveis de deposição de produtos líquidos com aplicação aérea utilizando adjuvantes**. 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola – Máquinas e Automação Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

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

SCHMIDT, W. **Uso de óleos sem surfactantes na aplicação de clorpirifós via insetigação na cultura de milho**. 2003. 83 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SCHRÖDER, E. P. **Avaliação de sistemas aeroagrícolas visando a minimização de contaminação ambiental**. 2003. 66 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SILVA, L. H. C. P. **Ferrugem se instala em Rio Verde**. Força ruralista. Rio Verde, p. 5, jan. 2004.

SINCLAIR, J.B.; HARTMAN, G.L. Soybean rust. In: HARTMAN, G.L., SINCLAIR, J.B.; RUPE, J.C. (eds.) **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society, 1999. p.25-26.

SINDAG. Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/>>. Acesso em: 25.11.08

SUHERI, B. & LATIN, C. Retention of fungicides for control of Alternaria leaf blight of muskmelon under greenhouse conditions. **Plant Disease**, p.1013-1015, 1991.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11 p. (ENG97-005)

TAVARES, E. D.; SIQUEIRA, E. R.; DA SILVA, M. A. S. Agricultura e uso sustentável dos recursos naturais In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**, v.2 - Utilização sustentável dos recursos naturais. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

TEIXEIRA, M. M. **Influencia del volumen de caldo y de la uniformidad de distribución transversal sobre la eficacia de la pulverización hidráulica**, 1997. 310 f. Tese (Doutorado

em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 1997.

TEWARI, V. K.; MURALIKRISHNA, R. V. S.; PANDYA, A. C. **Performance evaluation and computer aided design of valve type hollow cone nozzles**. St. Joseph: ASAE, 1998. 15 p. (ASAE Paper n.98-1025).

TOFOLI, J.G., OLIVEIRA, S.H.F. & DOMINGUES, R.J. Efeito de diferentes concentrações de óleo vegetal na persistência agronômica de mancozeb em tomateiro. In: **Resumos**, 29o Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Itajaí, SC. 1996. p.21.

TOFOLI, J.G., OLIVEIRA, S.H.F., DOMINGUES, R.J., SANTOS, J.M.F. & MARTINS, E.M.S. Efeito da chuva sobre a sistemicidade, tenacidade e eficiência de azoxystrobin (Amistar 500 WG) no controle da ferugem (*Hemileia vastatrix*) em cafeeiro. In: **Anais**, 24o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Poços de Caldas, MG. 1998. pp.180-182.

TOKESHI, H. Doenças e pragas agrícolas geradas e multiplicadas pelos agrotóxicos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 264-270, 2000. (Suplemento).

TRACKER, J. R. M.; YOUNG, R. D. F. Effects of six adjuvants on the rainfastness of chlorpyrifos formulated as an emulsifiable concentrate. **Extended Summaries: IUPAC Conference - Pesticide Science**, v.55, p.198-200.

TU, M.; RANDALL, J. M. Adjuvants. In: TU, M. et al. **Weed control methods handbook**, the nature conservancy. 2003. p. 1-24

UNDERWOOD, A. K. Adjuvant trends for the new millennium. **Weed Technology** v. 14, n. 4, p. 765-772, 2000.

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.O.; GASSEN, D.N., JACOBSEN, L.A. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra**. Passo Fundo: Embrapa - CNPT, 1984. 50 p.

WEBER, A.L.; MCLEAN, H.C.; DRIGGERS, B.F.; ONEIL, W.J. Influence of different materials on coverage and adhesiveness of sprays and their effect on residue removal from apples. New Jersey **Agr. Exp. Sta. Bull.**, v.627, p.1-16, 1937.

WIRTH, W., STORP, S., JACOBSEN, W. Mechanisms controlling leaf retention of agricultural spray solutions. **Pestic Science.**, Kyoto, v. 33, p 411-20, 1991.

WHITE, L. Jr. The Historical Roots of Our Ecological Crisis. In: NELISSEN, N.; STRAATEN, J.V. der; KLINKERS, L. (Ed.). **Classics in Environmental Studies**: an overview of classic texts in environmental studies. Utrecht: International Books, 1997. cap. 10, p. 143-152

WITT, J. M. **Agricultural spray adjuvants**. Ithaca, NY: Cornell University, 2001. Disponível em: <<http://pmep.cce.cornell.edu/facts-slides-self/facts/genpeapp-adjuvants.html>>. Acesso em: 10 out. 2006.

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: Kansas State University, 2000. 4 p. (Application Technology Series)

YORINORI, J.T. et al. Reações de cultivares de soja a ferrugem “asiática” (*Phakopsora pachyrhizi*). In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: EMBRAPA, 2002. p. 149.

YORINORI, J.T. Sucessos e novos desafios no controle de doenças fúngicas da soja através da resistência genética no Brasil. **Anais**, Congresso Brasileiro de Soja, Londrina, PR. 1999. p. 449. (Resumo).

ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Avanços tecnológicos no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. S27, 2005. (Suplemento).

